

แบบเรียนวิทยาศาสตร์

ชุดที่ ๑๕. เล่ม ๑

สำหรับชั้นมัธยมปีที่ ๔

ของ

กรมสามัญศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



แบบเรียน วิทยาศาสตร์
ของกระทรวงศึกษาธิการ



วิทยาศาสตร์มัธยมปลาย

ปกก ๑ ข.

เล่ม ๑

สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ ๕

หลวงกำนันโยพรวร หลวงรณนิกการ หลวงประเวศวิเทศศึกษา

หลวงสวัสดิ์สารศาสตร์ ค. คลุ่ม วิชโยธ

เรียบเรียง



พิมพ์ครั้งที่สอง ๑๕,๐๐๐ เล่ม

พ.ศ. ๒๔๘๐

ปกกระดาษราคาเล่มละ ๗.๐๐ บาท



พิมพ์ที่โรงพิมพ์คุรุสภา

ปากกกลองบางลำพู พระนคร

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

มหาวิทยาลัยศิลปากร
หอสมุดศิลปากร

๒๙ ม.ค. ๒๕๒๐





ภาพนี้เรื่อง แสดงดาวหาง ดาวฤกษ์ และหมอกเพลิงกลั่นตัวลงเป็นดาวเคราะห์. หมอกเพลิงเหล่านี้มีอยู่มากมายหม่นทึบ ๆ อยู่ในอากาศ. หมอกเพลิงกลุ่มหนึ่งเมื่อหลายร้อยปีมาแล้วได้กลั่นตัวลงแล้วบังเกิดสุริยจักรวาลดังภาพตอนล่าง. (นายสวัสดิ์ ภูทัตโต เขียนภาพนี้ตามแนวหนังสือ Aus fernen Welten ของ B.H. Bürgel).

คำนำ

นิพนธ์

คำนำของการพิมพ์ครั้งแรก (เล่ม ๑)

แบบเรียน "วิทยาศาสตร์มัธยมปลาย" ชุดที่ ๑ ข. มี ๓ เล่ม เล่ม ๑ สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ๔ เล่ม ๒ สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ๕ และเล่ม ๓ สำหรับชั้นมัธยมศึกษา ๖ เป็นหนังสือที่กระทรวงศึกษาธิการได้แต่งตั้งให้ข้าราชการ ๕ นาย ทั้งมีนามปรากฏในคำนำนี้เรียบเรียงขึ้นเมื่อกลาง พ.ศ. ๒๔๘๐ ตามแนวหลักสูตรและประมวลการสอนชั้นมัธยมปลาย พ.ศ. ๒๔๘๐

ผู้เรียบเรียงได้ขอเชิญมาให้ความเห็นแก่หลักสูตรและประมวลการสอน แผนกแบบเรียนโตโรงเรียนการพิมพ์เพื่อให้นักเรียนมีแบบเรียนอันบริบูรณ์ใช้ แต่การเรียบเรียงครั้งแรกในเวลานั้นเช่นนี้ แบบเรียนโตๆ ก็ตามจะเรียงขึ้นออกมาทีละอันๆ ก็คงมีผู้สอนมีความเห็นแย้ง หรือพบข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด หรือเห็นว่าส่วนใดควรขยายออกให้ถี่และเหมาะสมแก่เด็กชั้นอย่างไร ก็ขอกรุณาติดต่อกับผู้เรียบเรียงได้โดยทางจดหมาย ผู้เรียบเรียงจะขอบคุนเป็นที่สุด และจะได้พิจารณาเตรียมแก้ไขไว้สำหรับการพิมพ์ครั้งหลังๆ

ในเล่มนี้ หลวงกวีวิทยไพโรธ เรียบเรียง บทที่ ๑, ๒, ๓, ๔, ๕, ๖, ๗, ๑๐, ๑๑, ๑๒, ๑๓, ๑๔, ๑๕, ๑๖, ๑๗, ๑๘, ๒๕, ๒๖, ๒๗, ๒๘, และบทที่ ๒๙ หลวงสวัสดิศาสตรพทธิ เรียบเรียง บทที่ ๘, ๙, ๑๙, ๒๐, ๓๐, ๓๑, ๓๒ และบทที่ ๓๓. ศ.ร. กลุ่ม วิชัยโรบล เรียบเรียงบทที่ ๓๔, ๓๕ และบทที่ ๔๓. หลวงประเวศวิฑูรย์ศึกษา เรียบเรียง บทที่ ๒๑, ๒๒, ๒๓ และบทที่ ๒๔. หลวงชุตินทรสิริ เรียบเรียง บทที่ ๓๖, ๓๗, ๓๘, ๓๙, ๔๐, ๔๑ และบทที่ ๔๒.

แต่ในการรวบรวมเข้าเล่ม เจ้าหน้าที่แผนกแบบเรียนได้จัดเรียงบทเรียนให้เหมาะสมแก่หลักของการศึกษาวิทยาศาสตร์เบื้องต้น กล่าวคือ เด็กควรได้รับความรู้ได้สมบูรณ์ทุกๆ ถึงของวิทยาศาสตร์ตามวัยและตามความเป็นอยู่ของชีวิต ไม่ใช่เรียน

จำเพาะแต่กิ่งหนึ่งกิ่งใดจนจบแล้ว จึงระงับกิ่งอื่น หรือไม่ใช่เรียนวันนั้นวิชานั้น วันนั้น
วิชานั้น ทั้งแบบการศึกษาชั้นสูงๆ. ครูและอาจารย์ผู้ใช้แบบเรียนนั้นสอนเด็กก็ควร
ดำเนินการสอนให้สัมพันธ์ความมุ่งหมายนั้นด้วย คือควรสอนหมวด ๑ ให้จบไปก่อน
แล้วจึงเลือกเรียนบทต่างๆ ในหมวดต่างๆ สดแต่เหมาะโอกาส เช่นวันไหนอากาศ
แห้งและวันไหนผู้สอนหาเครื่องมือไฟฟ้าไว้ก่อน ก็ควรตั้งต้นเรื่องไฟฟ้าก่อน ฯลฯ

ผู้เรียบเรียงได้พยายามทำให้บทต่างๆ สั้นและจบลงในตัวเองในเวลา ๑ ชั่วโมง
ทั้งนี้ความสนใจและความอยากเรียนของเด็กจะไม่ถูกพักให้ยืดยาวนานจนต้องถูก
ทำลายไป ขัดตามที่ต้องการเสียเวลาฝึกและเขียนนานๆ นั้น ผู้สอนควรกระตุ้นให้เด็กไป
ทำที่บ้าน เป็นธรรมดาอยู่เองที่ผู้สอนต้องคิดว่าทำให้บทต่างๆ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
โดยทำการทดลองและหาข้อความส่งเสริม ใ้แก่ความเข้าใจเด็กอยู่เรื่อยๆ ไป.

ภาพประกอบเรื่องมีบุคคลหลายท่าน เช่น นายสวัสดิ์ ภูทัตโต, นายประสิทธิ์
บุญอินท ครอบากเขียนโรงเรียนมัธยมวัดสุทธิวาราม บรรดาครอบากเขียนโรงเรียน
เพาะช่าง และเด็กนักเรียนโรงเรียนมัธยมวิสามัญเกษตรกรรมบางกอกน้อย เขียนขึ้น
ด้วยความตั้งใจตามแนวของผู้เรียบเรียง.

หนังสือผู้เรียบเรียงทุกคนใช้ทำนองพรรณนาให้เหมาะแก่ เป็น แบบเรียนของ
นักเรียนและสำหรับผู้ต้องการเขาไปอ่านเพิ่มเติมความรู้เองได้ด้วย ผู้เรียบเรียงขอ
มอบลิขสิทธิ์ให้แก่กระทรวงศึกษาธิการ

กองวิชาการ กรมสามัญศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

ตำนาน
นิตารัตน

บัญชีเรื่อง

หน้า

หมวด ๑ วิทยาศาสตร์ทั่วไป

บทที่ ๑ “เรียนวิทยาศาสตร์ทำไม?”

๑—๓๘

บทที่ ๒ ฟิสิกส์คืออะไร?

๑—๔

บทที่ ๓ มาตรกรรมแห่งกาล, อวกาศ และมวล

๕—๑๐

บทที่ ๔ มาตรฐาน—หน่วย—ประวัติย่อ

๑๑—๑๖

บทที่ ๕ วิชาเคมีปัจจุบัน

๑๗—๒๑

บทที่ ๖ “เคมี” กังกันอย่างไร?

๒๒—๒๕

บทที่ ๗ โลกและดวงอาทิตย์

๒๖—๓๒

หมวด ๒ สสาร และ กำลังงาน

บทที่ ๘ สสาร

๓๓—๓๘

บทที่ ๙ สสารแรงรูป

๓๙—๔๓

บทที่ ๑๐ ความแน่นของสสาร

๔๔—๔๙

บทที่ ๑๑ ความถ่วงจำเพาะของสสาร

๕๐—๕๔

บทที่ ๑๒ แรงแห่งความถ่วงของโลก

๕๕—๕๘

บทที่ ๑๓ เครื่องผ่อนแรง ๖ อย่าง

๕๙—๖๓

บทที่ ๑๔ แรง—กำลังงาน—งาน—กำลัง

๖๔—๖๗

หมวด ๓ อากาศ และ น้ำ

๖๘—๑๐๒

บทที่ ๑๕ ความดันของอากาศ

๖๘—๗๐

บทที่ ๑๖ ความดันของอากาศ (ต่อ)

๗๑—๗๔

บทที่ ๑๗ ขั้วภูมิเตอร์ สูญน้ำ ไซฟอน

๗๕—๗๙

บทที่ ๑๘	อากาศกับมนุษย์
บทที่ ๑๙	น้ำ
บทที่ ๒๐	นาธรรมชาติ

๙๐—๙๓

๙๔—๙๗

๙๘—๑๐๒

หมวด ๔ ความร้อนและแสง

บทที่ ๒๑	ความร้อน
บทที่ ๒๒	ความร้อนและอุณหภูมิ
บทที่ ๒๓	การทำเทอร์มอมิเตอร์
บทที่ ๒๔	ความจุแห่งความร้อน
บทที่ ๒๕	วัตถุ—มีซีนิม—แสงสว่าง
บทที่ ๒๖	แสงเดินตามแนวตรง
บทที่ ๒๗	วัตถุ—มีซีนิม—แสงสว่าง (ต่อ)
บทที่ ๒๘	การส่องสว่าง
บทที่ ๒๙	แสงสว่างและเงา

๑๐๓—๑๔๖

๑๐๓—๑๐๗

๑๐๘—๑๑๑

๑๑๒—๑๑๗

๑๑๘—๑๒๓

๑๒๔—๑๒๗

๑๒๘—๑๓๒

๑๓๓—๑๓๘

๑๓๙—๑๔๑

๑๔๒—๑๔๖

หมวด ๕ เคมี

บทที่ ๓๐	อากาศ
บทที่ ๓๑	ผลึก
บทที่ ๓๒	ออกซิเจน
บทที่ ๓๓	การลุกไหม้

๑๔๗—๑๖๔

๑๔๗—๑๕๐

๑๕๑—๑๕๔

๑๕๕—๑๕๙

๑๖๐—๑๖๔

หมวด ๖ แม่เหล็ก—ไฟฟ้า

บทที่ ๓๔	เข็มทิศ
บทที่ ๓๕	ไฟฟ้าสถิต

๑๖๕—๑๗๐

๑๖๕—๑๗๐

๑๖๘—๑๗๐

หมวด ๗ ชีววิทยา

บทที่ ๓๖	อินทรีย์สาร อินทรีย์สาร
บทที่ ๓๗	พืชกับน้ำ
บทที่ ๓๘	การหายใจและการปรุงอาหาร
บทที่ ๓๙	อะมีบา (Ameoba)
บทที่ ๔๐	ไฮดรา (Hydra)
บทที่ ๔๑	ไส้เดือนในดิน
บทที่ ๔๒	แมลง (Insects)
บทที่ ๔๓	แม่เหล็กเหล็กม้า (แมลงหมวด ๖)

๑๗๑—๒๐๘
๑๗๑—๑๗๖
๑๗๗—๑๘๓
๑๘๓—๑๙๐
๑๙๑—๑๙๕
๑๙๖—๑๙๙
๒๐๐—๒๐๓
๒๐๔—๒๐๘
๒๐๙—๒๑๕



ชำนาญ
นิทาน



“เรียนวิทยาศาสตร์ทำไม?”

เราทั้งหลายเป็นทนายบุคคลบางจำพวกที่ได้อ่านว่า “นักวิทยาศาสตร์” ซึ่งตาย
ก่อนเราเกิดมานานแล้วก็ตาม ยังมีชีวิตอยู่ก็ตาม บุคคลเหล่านี้ได้ทำให้เราชาตินี้
ความสับสนวุ่นวายได้ย่นท่งให้บางแดนของพิภพน่าอัศจรรย์ยิ่งกว่าสมัยที่ล่วงเลยไปแล้วมาก
ทีเดียว เรามี เครื่องบิน, รถยนต์, รถไฟ, ไฟฟ้า, วิทยุ, ภาพยนตร์, ใ
ฉาย, รองเท้ายาง, หีบเลี้ยง, ไม้อัดไฟ, ฯลฯ ผู้เป็นบรรพบุรุษของเรา ไม่รู้จัก
มันจนถึง “ของวิเศษ” เหล่านี้เลย.

คนในสมัยโบราณ ให้ความสำคัญมากในการดำรงชีพ ให้รอดพ้นภัยอันตรายไป
วันหนึ่งๆ. เมื่อเขาต้องการไฟ เขาต้องเผาไม้สองอันติดกัน กว่าจะได้ไฟมาปิ้งปลาหรือ
ย่างเนื้อสักชิ้นหนึ่งก็คงเสียเวลานานๆ. เขาต้องยกพงฝ่าหนามไปล่าสัตว์ และต้อง
ผจญกับพิษหรือสัตว์ร้าย. เขาต้องเอาหินมาค้อนให้เรียบผกกับไม้ด้วยเดือวลดเพื่อ
ทำคอนไข่เป็นอาวุธหรือเครื่องมืออื่นแรก. เครื่องนุ่งห่มของเขาทำด้วยใบไม้และหนัง
สัตว์ขบขทากให้แห้ง. เขาคงไม่รู้จักการอนาถาหรือรักษาร่างกายให้สะอาด. โรค
ภัยต่างๆ ที่ทำให้คนตายในช่วงที่นั้นเขาเห็น เขาคิดเสียว่าเป็นอำนาจของผี. แต่เพราะ
ความเพียร, นิสัยสังเกต, นิสัยถอดแบบเดิมและประดิษฐ์แบบใหม่, นิสัยถ่วง

ความรู้และผลสอนให้แก่ผู้เกิดภายหลังจนได้สืบนองมาดังหลาย ๆ พันปีแล้วจนถึง
ยุคเรา เราจึงรู้จัก การนุ่งห่ม, การกินอาหาร, และการมีเคหสถาน พร้อมทั้ง
ความปลอดภัย เช่นสภาพที่เป็นอยู่เช่นนี้.

มนุษย์คนแรก สังเกตเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางหนึ่ง ตกผ่านฟ้า และตกออกทาง
หนึ่ง. บางขณะเขาต้องหันแควเข้าไปพักในร่มไม้ เขาได้สังเกตเห็นเงาไม้เคลื่อนที่
จึงเกิดความฉงน. ความฉงนนั้นเอง ทำให้มนุษย์ได้ชวนช่วยคิดหาคำตอบมาหลาย
พันปี เราจึงเข้าใจว่าไม่ใช่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตก. ไม่ใช่โลกหมุน. เป็นด้วยการหมุน
ของโลกรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ต่างหาก. มนุษย์คนแรกและคนต่อ ๆ มากลัวผ, ถึงแม้
คนในสมัยนั้นก็กลัวผีเชลลางและเวทมนตร์ชอกมาก. เราทุกคน อยากรู้ อยากเข้าใจ
สิ่งต่าง ๆ แต่ผู้ใหญ่เคยตอบให้เรา ผิดบ้าง ถูกบ้าง หลอกไม่ให้เราถามบ้าง
เขาเชื่อว่าถ้าเขาคิดหาเหตุผล รู้ความเป็นไปแห่งธรรมชาติแล้วผสร้างจะนำทุกข์ภัยมา
สู่วงศ์ญาติบ้าง. เราจึงถูกตัดทอน ไม่ได้ความรู้จากสิ่งที่เราเห็น. ด้วยความ
เชลลาง และผสร้างเอง เราจึงเห็น ต้นไทร. หรือต้นไม้ใหญ่ ๆ. หรือท่อนไม้สลัก
เป็นรูปแปลก ๆ. กลายเป็นที่สักการบูชา ที่คนมาอธิษฐานบนบานด้วยประการต่าง ๆ
เราจึงเห็นคนเลื่อมใสในการสักเลลของยันตร์คามตัว. สักบนกระหม่อม. สัก “ผง”
บนอกเพอกลึงกัก. เชลลในการผูกตะกรดกระดกอย่างเงินย้างทองย้าง และในการเสกเข้า
เมอครวเข้าใช้. เพราะความงี่เงา ขาดความรู้ในธรรมชาติเ็นต้องยึดสิ่งภายนอก
เป็นทพง จึงเกิดมีคนทพพริต รู้จักใช้ความงี่เงาของเพอมนมนุษย์ส่งเสริมอาชีพตน
อ้างตนว่า เป็นหมอกบ้าง, ทรงเจ้าบ้าง, ทำน้ามนตร์บ้าง. ตามแต่จะคิดขึ้น. เรา
จึงจำเ็นต้องหาทางกำจัดความงี่เงาในจิตใจของมนุษย์ โดยการกระทำตนให้มี
นิสัย อยากรู้ อยากเห็น และอยากเข้าใจ ในความลึกลับของธรรมชาติ.

วิทยาศาสตร์เท่านั้นที่เป็นวิชาช่วยให้มนุษย์มีภูมิรู้ ในธรรมชาติลึกลับชงชน. ถ้า
มนุษย์บ้างจำพวกไม้ไ้ไ้แสดงและเพิ่มพูนความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่เรื่อย ๆ แล้ว

ความสะดวกของมนุษย์ซึ่งได้จาก เครื่องนุ่งห่ม, อาหาร ที่อาศัย เครื่องอุปโภค
 คมนาคม, ยารักษาโรค, และเครื่องบันเทิงใจที่เราเห็นอยู่ทุกวันนี้จะไม่เกิดขึ้นเลย.
 เราไม่ควรลืมความยากจนและนิสัยของบรรพบุรุษของเรา แล้วปล่อยตนให้เป็น
 มนุษย์เครื่องจักร ซ้ายแต่สิ่งสำเนาโดยการซื้อหรือแลกเปลี่ยนทรัพย์สินกับคนอื่นให้เรา
 โดยตรงแต่ฝ่ายเดียว. เราจำต้องพยายามสืบค้น เพิ่มนิสัยเดิม และเพื่อความ
 เข้าใจในสิ่งที่ให้ความสะดวกแก่ชีวิต และร่วมมือกันทำเช่นนั้น.

แนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เราต้องยอมรับมีนิสัยของตนเอง คือ :—

๑. สังเกตความเป็นไปของธรรมชาติ.
๒. พยายามหาเหตุจากผลที่เกิดขึ้นทุกอย่าง.
๓. เมื่อทดลอง หรือทำอะไร จะเป็นคืบหน้า หุงหาอาหาร ชักดิน ขึ้น
 ต้นไม้ ฯลฯ ก็ตาม จงคิดหาวิธีที่สั้น และง่าย กว่าความรู้เดิม
 ทุกคราว และให้ได้ประโยชน์มากที่สุดด้วย.
๔. จงรู้สึกว่า ยังมีวิชาอีกมากที่มนุษย์ต้องศึกษาค้นเพื่อรู้และทำเป็น
 แบบชน.

เมื่อเราเห็นอะไรผิดปกติเกิดขึ้น แล้วถามตัวเองว่า “นั่นอะไร?” นั้นยังไม่
 เพียงพอ, เพราะเราคงได้รับคำตอบเพียง ซิล ของอาการนั้น. เช่นเมื่อเราเห็น
 แสงสว่างแปลบปลายเกิดขึ้นในฟ้า จะมีคนบอกว่า “นั่นคือฟ้าแลบ.” เรายังไม่ควร
 จะพอใจแต่เท่านั้น ต้องถามต่อไปว่า “ฟ้าแลบเกิดขึ้นอย่างไร?” และเราควรคิด
 หาประโยชน์หรือข้อดีของกันอื่นที่ปรากฏจากสภาพเปลี่ยนแปลงนั้น. เด็กโง่มักนั่ง
 หรือมักจะถามด้วยคำถามว่า “นั่นอะไร?” “ใครทำ?” หรือ “ของใคร?”, แต่
 เด็กฉลาดเมื่อถามว่า “นั่นอะไร?” แล้วยังต้องถาม “ทำไม?” และ “อย่างไร?”
 เพื่อสืบหาการเกี่ยวของกันระหว่างเหตุและผลอีก. เราทุกคนจงเข้าใจว่าทรัพย์สินเกิด

จากพินิตินซัดความเจริญไม่ได้. เราจึงมักเข้มนเรียนวิทยาศาสตร์ คีตประกอบเครื่อง
อุปกรณด้วยสคิปญญาของเราเองให้พร้อมมูล. เมื่อดังชันแล้วเราจึงควรวุมใจ.

คำถาม

๑. พวกทไทซอว่า เซอผหรือผกลาง ทำอะไรบ้าง ในขณะทเขาทกใจ
หรือกลัว หรือเมื่อต้องผญญ?
๒. จงเล้าถึงความสละทกในการเค้นทางสมัน เทียกับสมันก่อน.
๓. เครื่องบินทำประโยชน์อะไรบ้าง นอกจากใช้ในการสงคราม.
๔. เราคิดต่อกันทางอากาศด้วยกำลังไฟฟ้าได้หลายอย่าง, จงบอกชื่อเครื่อง
วิทยาศาสตร์เหล่านั้น.
๕. ใครบ้างทมรรยสัทตามตัว? ทำอย่างไรจึงจะลดล้าง ความเซอผอการลัก
ให้หายไย.
๖. ใครบ้างผกตะกรท? ตะกรทช่วยของกันอะไร? เป็นจริงไหม?
๗. เราเห็นเพื่อนบ้านดกตาปคำเข้าทคน เขากลับเอาตาปตัวนั้นไปผกไว้ที่
ซัดัน แล้วรักษาผผลตามความเลอผสิด่างๆ. ถ้าเราดกตาปคำเข้า
บ้าง เราควรทำอย่างไร?

บทที่ ๒

ฟิสิกส์ คือวิชาอะไร

เราเลือกอาชีพเป็น นายช่าง, แพทย์, นักบิน, หรือช่างกลไฟฟ้า ฯลฯ หรือเรียนสูงขึ้นไปก็ตาม ฟิสิกส์เป็นวิชาชั้นแรกที่เราต้องเรียน. แทนที่จะกล่าวได้ว่าเราทบทวนวิชาฟิสิกส์ทั้ง ๒๔ ชั่วโมง ทั้งในเวลาหลับ, ในเวลาตื่น, และในเวลาเล่น. ฟิสิกส์แทรกอยู่ในอาการของมนุษย์เราแทบทุกอย่าง. ตอนเด็กเมื่อคุณหมอมีตลงตำกว่าตอนกลางวันเราห่มผ้า. ตอนเช้าเราชกเสื้อผาแล้วเข้าไปผิงแดดและลม. ตอนกลางวันผาที่แห้ง ทนารอนเราชอยดื่มในคนโทกินเพราะเรารู้ว่าน้ำเย็นกว่าน้ำในตุ่มเคลือบ. ถึงเวลาเทกกาลเราเห็นแก้วๆ ชอยลูกโป่งพองกาซบรๆ เพราะมันลอยได้ในอากาศ และถ้ามันหลุดจากมือก็จะลอยขึ้นไปสูงๆ. เราชอยทุกคนเล่นกล และรู้จัก “คนตา” เราชอยเก็บเอาตะกั่วมาหลอมทำคังตอกเหล็ก. เราชอยเล่นน้ำ เอาผ้าขาวมาทำโปงลอยน้ำเล่น. เราชอยเตะฟุตบอลแรงๆ จนคนรักษาประตูรับไม่ไหว. เรารู้จักสังเหล่านักเพราะเราไถ่กินคนอนบอกล่าโดยมาก แต่ “ทำไม” เราจึงห่มผ้า, “ทำไม” น้ำในคนโทจึงเย็น, “ทำไม” ลูกโป่งจึงลอย, “ทำไม” เราจึงเห็นแค่หัวคนเล่นกล. “ทำไม” ตะกั่วจึงละลาย “ทำไม” คนรักษาประตูจึงรับลูกฟุตบอลไม่ไหว ฯลฯ เรายังตอบไม่ถูก. ฟิสิกส์อาจช่วยให้การเล่นของเราดีขึ้น ถ้าเราเริ่มเข้าใจให้เข้ลึกๆ ตั้งแต่แรก และฟิสิกส์อาจช่วยให้เราอดพ้นอันตรายในขณะที่มีอะไรเกิดขึ้นด้วย. ผู้ใหญ่มักทักท้วงไม่ให้เราเอาขั้วรองน้ำฝนที่ขายคา แต่ถ้เราไม่ไ้เรียนเรื่องไฟฟ้าเราก็คงไม่เชื่อใจว่า “ทำไม” เขาจึงห้ามเรา.

ทุกประเทศในยุโรปไม่แปลคำว่า ฟิสิกส์ จากรากเดิมของคำ ฟิสิเค ภาษากรีก ซึ่งแปลว่า “วิทยาแห่งธรรมชาติ”. ประชากรกรีกเป็นชาติแรกในโลกที่มีความกระหาย ความรู้มากกว่าชนชาติอื่น. พวกเขาอยากรู้ อยากเข้าใจในความลึกลับและแปรปรวน แห่งธรรมชาติ. ในประวัติศาสตร์โบราณและในวิชาปัจจุบันเราพบการอ้างถึงชื่อบุคคล สำคัญเช่น พิทาโกราส, พลาโต, อาริสโตเติล, ยูคลิด, และอาร์คิมิดีสบ่อยๆ. คนสำคัญเหล่านี้คือปราชญ์รุ่นเดียวกับพระพุทธเจ้าของเรา. และได้ให้แนวความคิด แก่คนรุ่นหลัง ให้คิดเพิ่มเติมจนเจริญเป็นวิทยาศาสตร์ปัจจุบันนี้.

เราพบชื่อ พิทาโกราสอีกในเรขาคณิต. ครึ่งโคทที่เราได้ยินใครพูดถึงกัน, น้ำ, ลม, ไฟ แล้ว จึงจำไว้ว่า นั่นคือสมมติฐานของพลาโต เมื่อประมาณ ๒๕๐๐ ปีมาแล้ว. พลาโตได้กล่าวไว้ว่า สสาร และ รูป รวมกันให้บังเกิดธาตุ ทั้ง ๕ คือ ดิน, น้ำ, ลม, ไฟ และ พหุวิภาค คำ พหุวิภาค นี้ คน สามัญไม่กล่าวถึง เพราะเขาสัมผัสไม่ได้. ถัดมาถึงคนที่สามคือ อาริสโตเติล ศิษย์ของพลาโต ผู้ที่ได้อิทธิพลหลักปรัชญา สสาร และ อวกาศ เราจะได้เรียน ถึงอวกาศและ พหุวิภาค ในบทหลัง. แนวความคิดของปราชญ์พลาโตและอาริสโตเติลคลาคละล่อนอยู่กัน แต่ส่วนที่เป็นคติแก่นมัยสมัยนั้นน้อยอยู่มากมาย. คนที่สี่คือ ยูคลิด ผู้ซึ่งให้กำเนิดแก่เรขาคณิตปัจจุบัน. คนที่ห้าคือ อาร์คิมิดีส ซึ่งเราจะ ได้ยินอีกในวิทยาศาสตร์บางตอนต่อไป. ผู้นี้คือ “บิดรแห่งฟิสิกส์”. อาร์คิมิดีส ได้กล่าวไว้ว่า “จงหาทำให้ฉันแห่งหนึ่งนอกโลก ซึ่งฉันจะขึ้นได้ แล้วฉันจะรัก โลกให้เขยอญด้วยกำลังของฉัน” และถามทำให้เขยอญวิ่ง ๆ แล้ว เขาก็สามารถ เขาไม่รักให้โลกเคลอนไถ่ตามชอบใจ. ที่เราสามารถใช้ไม้หรือชะลั้งชักขึงกัน ใหญ่ๆ หรือรอกกันหินหนักๆ ให้เคลอนไปได้ ก็เพราะเราลอกแบบมาจากอาร์คิมิดีส ผู้คิดกังโลก.

วิชา “ฟิสิกส์” กล่าวถึง การเคลื่อนไหวของสสาร ในตอนแรก. เราให้ชื่อหมวดวิชาว่า “เมคานิกส์” ต่อไปกล่าวถึง ความร้อน, แสง, เสียง, และไฟฟ้า. ต่อไปในเราจะเรียนถึง การเคลื่อนไหว สำคัญอย่างไร.

การเคลื่อนไหว เป็นสภาพของอะไรสิ่งหนึ่ง ที่มีมวล, มีขนาด, มีน้ำหนัก. จะเป็นลมหายใจหรือพายุ, หรือน้ำหยดหนึ่ง, หรือน้ำทงมหาสมุทร, ชาวเมล็ดหนึ่ง หรือทั้งโลาก็ได้. จะเป็น เรือ, รถ, ภูเขา, เมฆ, สัตว์, มนุษย์, ดาว, อาทิตย์, จันทร์ ก็ได้. สิ่งเหล่านี้คือรูปต่างๆ ของ สสาร. หันดูรอบตัวเรา หรือนกถึงส่วนต่างๆ ในร่างกายเรา เราจะพบมันเคลื่อนไหวทั้งสิ้น. สสารเคลื่อนไหวอยู่ทุกขณะ.

ถ้าเรานั่งอยู่นิ่งๆ เราคิดว่าเราอยู่นิ่ง แต่หาเป็นเช่นนั้นไม่ หัวใจเราทำหน้าที่ฉีกโลหิตไปส่งทุกๆ ส่วนของร่างกายมิได้หยุดหย่อน. แม้แต่เรายังคงนั่งว่าเราอยู่นิ่ง เพราะยานเราอยู่บนพื้นดินที่มิได้ไหว แต่ถึงกระนั้น โลกก็เคลื่อนอยู่ทุกขณะอีก. โลกหมุนรอบตัวเองอยู่วันละหนึ่งรอบ และหมุนเวียนรอบดวงอาทิตย์อยู่ด้วยละรอบ ไม่ช้ากว่านั้น และไม่เร็วกว่านั้น. โดยเหตุนี้เราจึงพูดได้เต็มปากว่า สสารเคลื่อนไหวอยู่ทุกขณะ. การเคลื่อนไหวจึงเป็นหมวดสำคัญที่สุดของวิชาฟิสิกส์.

เราสัมผัสการเคลื่อนไหวได้ไหม ?

ถ้าฟังคเณศๆ เราแทบตอบได้ทันทีว่า จะสัมผัสสิ่งที่ไม่มีความเคลื่อนไหว. แต่เราสัมผัสการเคลื่อนไหวได้. จงกระโดดจากที่สูงแห่ง. ครั้งแรกยืนเฉยๆ กับระดับน้ำแล้วทิ้งตัวลงไป รู้สึกอย่างไรบ้าง. ครั้งที่สอง จงขึ้นไปยืนบนต้นไม้ริมฝั่ง แล้วกระโดดลงมา คราวนี้จะรู้สึก “หวิว” ผิดกับคราวก่อน และนอกจากนี้ตัวเรากระดกน้ำหนักมากจนแทบกำมือหนึ่ง. เก๊กๆ โดยมากชอยนึ่งในรถไฟหรือรถยนต์

ที่เล่นเร็ว ๆ. บางคนชอบนั่งไถลงมาจากขวามือ, บางคนชอบไถนซึ่งซ้ายหรือนั่งในเปลญวน และเด็กเล็ก ๆ ชอบนั่ง "ม้าโยก." ตัวอย่างเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าเด็กชอบสัมผัสการเคลื่อนไหว โดยตนเองไม่รู้สึกว่าตนสัมผัสอะไร.

อะไรเกิดขึ้นอีกอย่างหนึ่ง

เมื่อเห็นของซ้อนกันของแข็งกระทบกัน เรามักเข้าใจเสียว่า "สิ่งใดที่แข็งย่อมมีแรงต้านทานสิ่งอ่อน และสิ่งที่ยอ่อนย่อมทำให้จำนวนบริมาตรแก่งที่แข็ง." นี่เป็นความเข้าใจเคลือบคลุมและยังเป็นสมมติฐานอันไม่สมบูรณ์ ทั้งจะได้ขยายต่อไป. เมื่อสิ่งหนึ่งเคลื่อนไหว ในทันทีที่มันกำลังงานเกิดขึ้นทันที และกำลังงานนี้เพิ่มตามความเร็วและตามมวล. นั่นคืออะไร ๆ ที่รู้ว่าเป็นของอ่อน แต่หากพุ่งออกจากสปีดเพลิงอาจทำให้ผืนหนังพังได้. หรือเทียนไขเมื่อได้เข้าไปในกระบอกยื่นแล้วยังออกไปแทนลูกปืน อาจยังทะลุกระดานหรือกระเบื้องบาง ๆ ได้. ทำไมคนรักษาประตูจึงจับลูกฟุตบอลหลายข้อสงสัยมาโดยแรงไม่อยู่? นักเพราะลูกฟุตบอลนุ่มแรงหรือกำลังงานเกิดขึ้น และมากับลูกฟุตบอลนั้นด้วย.

กำลังงานมาแต่ไหน?

ทุก ๆ กรณีแห่งการเคลื่อนไหว เมื่อเราสืบค้น เราพบข้อเท็จจริงของกำลังงาน. กำลังงานที่มากับลูกฟุตบอลเกิดจากน้ำหนักในกล้ามเนื้อของผู้เตะลูกฟุตบอล ซึ่งเมื่อสับไปอีกชั้นหนึ่งจะพบว่ามีมาจาก อาหาร. น้ำดื่มแรงกินผ่านหนัง มีกำลังงานที่เข้ามาจากด้านหน้าหรือด้านหลังเมื่อคนเป็นไฟแล้ว ก็ส่งกำลังผ่านต่อกันมาเช่นทอด ๆ จนถึงน้ำหนักออกจากสปีด ถ้าไล่เลียงไปจนถึง ต้นตอเราจะได้เห็นว่า กำลังงานมาจาก

ดวงอาทิตย์ทุกขณะ แยกออกเป็นแสงสว่าง เป็นความร้อนบ้าง ซึ่งเรารู้สึกโดยตรง.
นอกจากนั้นและลมและพืชรับเอาไว้ แล้วพืชปรับปรุงให้กลายเป็นอาหารแก่มนุษย์และ
สัตว์อีกทอดหนึ่ง. มนุษย์และสัตว์เมื่อกินอาหารเข้าไปแล้วก็ถ่ายกำลังงานออกเป็น
งานคิด, เขียน, หรือออกกำลังและเป็น ส่วนเสีย ระบายออกจากร่าง กลายเป็น
อาหาร ของพืชต่อไป. การหมุนเวียนแห่งกำลังงานนี้เราเรียกว่า วัฏจักรรวมแห่ง
กำลังงาน.

วัฏจักรรวมแห่งกำลังงานนี้เอง ก็คือวงจรการเคลื่อนไหวของโลก ดาว ดวง
อาทิตย์ ฯลฯ. เราจะไต่เรียนถึงกฎของการเคลื่อนไหว และ รูปแห่งกำลังงาน
ที่ปราศณีย์ นิวตัน (ค.ศ. ๑๖๔๒-๑๗๒๗) ไต่ค้นพบและไต่บัญญัติไว้อีกใน
บทต่อไป

แทรกความ

มวล คือ ปริมาณของสสาร. เราจะไต่เรียนต่อไปในบทเรียน.

สมมติฐาน คือข้อความที่เราหรือผู้ใดคิดขึ้น ก่อนพิสูจน์ให้เห็นจริง.

สังเขปความ

ฟิสิกส์ คือ วิทยาแห่งธรรมชาติ กล่าวถึงการเคลื่อนไหวของสสาร. ความ
ร้อน, แสง, เสียง, และไฟฟ้า. พูดสั้นๆ ว่าเป็นวิชาที่กล่าวถึงสสารและกำลัง
งาน. สสารเคลื่อนไหวทุกขณะ. กำลังงานเกิดขึ้นขณะที่สสารเคลื่อนไหว. วัฏจักรรวม
แห่งกำลังงานคือ กำลังงานไม่สูญหายไป หรือไม่ได้เกิดขึ้นเองเปล่าๆ ถ้ากำลัง
งานรูปหนึ่งหายไป กำลังงานอีกรูปหนึ่งอันมีจำนวนเท่ากันจะเกิดขึ้น. ปราศณีย์นิวตัน
เป็นผู้ค้นพบกฎแห่งการเคลื่อนไหว.

กานาญ นิตารัตน

คำถาม

๑. ชนชาติไหนให้กำเนิดแห่งวิชาฟิสิกส์? ingsqlawxox and ean of kn
สำคัญเหล่านี้.
๒. ingsqlawxox and ean of kn ให้ละเอียก ingsqlawxox and ean of kn
ขณะที่เราหลอมตะกั่ว.
๓. ingsqlawxox and ean of kn ingsqlawxox and ean of kn
นำและกานามีอาการอย่างไรบ้าง?
๔. เวลาเรารักซึ่งตัวของเรา เราทำอย่างไร? ingsqlawxox and ean of kn
ให้ละเอียก.
๕. ingsqlawxox and ean of kn ingsqlawxox and ean of kn
มีอะไรบ้างใหม่ที่ไม่เคยเล่นไหว?
๖. ingsqlawxox and ean of kn ingsqlawxox and ean of kn
ทำไมถึงทำงาน ingsqlawxox and ean of kn
ทำให้แก่ชรา และชาวทะเล.
๗. ingsqlawxox and ean of kn ingsqlawxox and ean of kn ingsqlawxox and ean of kn
นำตกคืออะไร? นำตกในประเทศอะไรก็มชช ingsqlawxox and ean of kn
ประเทศเหล่านี้บ้าง?
๘. "ถึงเคยเล่นไหว" ingsqlawxox and ean of kn ingsqlawxox and ean of kn
ตามแต่รู้.

รวมคำ
มูล
บทที่ ๓

มาตรฐานแห่งกาล, อวกาศ และมวล

มาตรฐาน เป็นฐานแห่งวิทยาศาสตร์ทั้งหลาย.

มาตรฐาน คือ การวัดหรือเทียบของสิ่งหนึ่งที่เป็นมาตรฐานแล้ว กับของอีก
สิ่งหนึ่งซึ่งมีลักษณะเดียวกัน เพื่อหาจำนวนของส่วนเท่า เช่นเมื่อเราต้องการรู้ว่า
ใบหนึ่งยาวกี่นิ้ว เราต้องหาเครื่องตวง คือ กระจกหรือลิตรที่เป็นมาตรฐาน
ความยาวมาผูกหมายแล้วมาใบหนึ่ง แล้ววางนำจากท่อนไม้ลงไปจนเต็ม ถึงนั้นเรา
จะได้ จำนวนลิตร แสดงความยาวของใบนั้น หรือ เมื่อเราต้องการรู้ความยาวเป็น
จำนวนหลาย ของผืนผ้าหนึ่ง เราต้องหาไม้หลายซึ่งเป็นมาตรฐานความยาววัดเทียบ
กับช่วงบนสุดความยาวของผืนผ้า.

ในมาตรฐานใดๆ จำเป็นต้องมี มาตรฐาน ซึ่งทุกคนยอมรับใช้เหมือนกัน
หมด. ความเข้าใจในแนวเดียวกันนี้จะเกิดขึ้นได้ ในคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์
เราต้องวัด กาล อวกาศ และมวล.

กาล (เวลา)

สิ่งแรกที่เรารู้สึกทุกขณะ คือ เวลา ทำให้เกิดเป็นหนุ่ม, คนหนุ่มแก่,
คนแก่ตาย, ทำให้พืชงอก แตกใบ ผลิดอก ออกผล เราจึงต้องมีวิธีหนึ่งวัดเวลา
ออกเป็นช่วงๆ. ธรรมชาติให้ช่วงวันกับช่วงคืนแก่เรา แต่ช่วงทั้งสองนี้ไม่เท่ากัน
เสมอไป ฤดูร้อนมีช่วงวันยาวกว่าช่วงคืน และฤดูหนาวมีตรงกันข้าม เราจึงหา
หนทางคิดเฉลี่ย เอาการหมุนของโลกรอบดวงดาวเฉลี่ยหนึ่งรอบเป็นวันหนึ่ง
แล้วแบ่งออกเป็น ๒๔ ส่วน ส่วนหนึ่งให้ชื่อว่า ชั่วโมง แบ่งหนึ่งชั่วโมงออกเป็น

๖๐ นาที และ ๑ นาทีออกเป็น ๖๐ วินาที ดังนั้น ๑ วินาที คือ ช่วงเวลา $\frac{1}{60} \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{24}$ ของช่วงวันเฉลี่ยที่โลกหมุนรอบตัวเองหนึ่ง.

มาตรฐานแห่งเวลาตามแบบที่ทุกชาติทุกภาษาเข้าใจอย่างเดียวกันหมด.

อวกาศ

ถ้าใครถามว่า “เราอยู่ในอะไร” เราอาจตอบไม่ได้ หรือคงพูดว่า “เราอยู่ในโลก” และถ้าถูกถามต่อไปว่า “โลกอยู่ในอะไร?” เราคงตอบว่า “โลกอยู่ในที่ว่าง”

คำ “ที่ว่าง” เป็นคำที่มีความเคลือบคลุม “ที่ว่าง” อาจหมายถึง ที่ดินอันไม่มีบ้านและไม่มีพืชอันเป็นประโยชน์แก่มนุษย์.

เราหาขุมมาโยหนึ่งแล้วขุดลอกเสีย ไท่ ๆ ก็รู้ว่าในขุมมีอากาศ และทั้ง ๆ ที่รู้เราก็นั่งเรียกว่า “ขวกเปล่า” มีหน้าชาตาเราก็ดูอากาศออกเสียจากขวกจนบังเกิด สุนัขยากลาง ในขวก เราก็นั่งเรียกว่า “ขวกเปล่า” หรือ “ในขวกมีที่ว่างเปล่า” อย่างนั้นเอง เราไม่ให้ความเข้าใจของเราหลีกพ้นจากความเคลือบคลุมเลย คำ “ว่าง” และ “เปล่า” จึงไม่สามารถให้ความพอใจแก่นักวิทยาศาสตร์ เพื่อตอบปัญหา “โลกอยู่ในอะไร?” ได้.

ถ้าเราแปลงกายเป็นปลา แล้วไปว่ายอยู่ในน้ำ หลีกกันไปมา เราและปลาทั้งหลายก็คงนึกว่า “อยู่ในที่ว่าง” อีก แต่ความเป็นจริง น้ำได้พวยพุ่งตัวปลาไว้ทางหาก.

อนึ่ง โลก, ดาว, อากาศ, จันทร์ ฯลฯ ลอยและเคลื่อนไหวอยู่ทุกขณะนั้น ลอยอยู่ในอะไรได้? อย่างหนึ่ง ทนนักวิทยาศาสตร์ต้องสมมติขอให้ เป็น อวกาศ โลกอยู่ในอากาศ อวกาศแตกต่างกันกับที่ว่าง เพราะอวกาศมีกำลังแรงมากมายถึงแม้จะใสเหมือนอากาศก็ตาม แต่พวยพุ่งโลกและดาวทั้งหลายไว้ได้. เราอยู่ในอวกาศและสสารวัตถุทุกอย่างบรรจุอยู่ในอวกาศ.



ก

ข

รูปที่ ๑

ก. โลกลอยอยู่ใน อวกาศ ไม่มีบน ไม่มีล่าง คนทั้ง ๔ ทางร่วมกันนอนอยู่ใต้ฟ้า.

ข. แสดงการคำนวณปริมาตรด้วย ๑ มติ. มติเหล่านี้ไม่ใช่ ความกว้าง ความยาว ความสูง.

อวกาศ คือ ความโล่งอันไม่มีเขตต์ ซึ่งสสารและสูญญากาศบรรจุอยู่.

ในอวกาศ ความเข้าใจ ชื้น, ลม, ล้าง, บน, สูง, ต่ำ, ตะแคง, คว่ำ, หาย, กว้าง, ยาว, ไม่มี. และโลกก็ไม่มีหัวเหนือหัวได้. ในอวกาศไม่มีทิศ.

คนบนพื้นโลก ๔ แห่งต่างก็ยืนทั้งรูปที่ ๑ ก ทางร่วมกันนอน ต่างก็อยู่ใน
แนวตั้ง ฝนตกอยู่ในแนวตั้งซึ่งชี้ตรงไปยังศูนย์กลางของโลก. โลกกลมทั้งรูปที่ ๑ ก.
หรือจะเป็นทั้งรูปลูกขาคก็ ทั้งรูปที่ ๑ ข. เมื่อลอยอยู่ในอวกาศเช่นนั้นแล้ว เราไม่มี
อะไรมาเทียบให้รู้สึกสูงกว่า ต่ำกว่า ช้างล่าง ช้างบน หาย คว่ำ ชื้น ลม
เหมือนกับขณะที่เราอยู่ บนพื้นโลก แต่โลกกลมหรือโลกลูกขาคก็ต่างก็มีปริมาตร
และการวัดปริมาตรคราวนี้ไม่ใช่การวัด กว้าง ยาว สูง เราต้องวัด มติ—มติ—มติ
และมติทุกคู่เราย่อมเข้าใจเองว่า ทั้งฉากกับกันและกัน เส้นมี ๑ มติ พื้นมี ๔ มติ
๒ มติ และปริมาตรมี ๓ มติ.

มาตรฐานแห่งการวัดมี ๒ ระบบ ดังต่อไปนี้ :-

๑. ระบบเมตริก ใช้ กิโลเมตร, เมตร และเซนติเมตร ฯลฯ

๒. ระบบอังกฤษ ใช้ ไมล์, หลา, ฟุต และนิ้ว.

มวล

มวลคือปริมาณของสสาร. เมื่อเรากล่าวถึง สสารราวใด เราหมายถึง
 ความรวมของสสารวัตถุทั้งหมด. แต่ก่อนเมื่อเราพูดถึงวัตถุใด ๆ เช่น ก้อนหิน
 หรือไม้, หรือขี้เถ้า หรือขี้เถ้าใหญ่ ฯลฯ เรามักจะหาวิธีประกอบด้วยสิ่งฐานและ
 สมบัติต่าง ๆ ของมันทันที. ทุกสิ่งทุกอย่างล้วนมีปริมาณของสสารเป็นส่วน
 จำกัด และเรียกว่า เทห์. เราวัดมวลของเทห์ (คือปริมาณของสสารนั่นเอง)
 ด้วยการ เทียบน้ำหนัก. เขาเทห์ทุกตัวลงวางลงบนจานข้างซ้ายของตราชั่ง แล้ว
 เขาก็มน้ำหนักวางลงบนจานข้างขวา. เมื่อหรือจนน้ำหนักในจานบนเข็มของตราชั่ง
 ตรง. น้ำหนักบนจานข้างขวาจะแสดงมวลของเทห์นั้น.

มาตรฐานแห่งมวลตามแนววิทยาศาสตร์มี ๒ ระบบ ดังต่อไปนี้ :-

๑. ระบบเมตริก ใช้ กิโลกรัม ซึ่งแบ่งออกเป็น ๑๐๐๐ กรัม.

๒. ระบบอังกฤษ ใช้ เป้าหนัก

เมื่อเราทำการคำนวณรวมทางอวกาศ มวลและเวลา เราใช้อักษรย่อเป็น
 เครื่องหมายแสดงระบบ. ช-ก-ว คือ ระบบเมตริก แทน เซนติเมตร
 กรัม-วินาที. ฟ-ป-ว คือ ระบบอังกฤษ แทน ฟุต-เป้านก-วินาที.

แทรกความ

อนุภาค คือ เทห์ ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดจนเราคิดว่าไต่เป็นปริมาณของ
 สสารหรือมวลที่รวมอยู่ในทุกเคียว.

๑ เมตร	=	$\frac{๑}{๑๑}$	หลา
	=	๓๙.๓๗	นิ้ว
๑ เซ็นติเมตร	=	$\frac{๒}{๕}$	นิ้ว
๑ กิโลเมตร	=	$\frac{๕}{๖}$	ไมล์
๑ นิ้ว	=	๒.๕๔	ซม.
๑ กิโลเมตร	=	๒.๒	เปาน์ด
๑ ลิตร	=	๑๐๐๐	ลูกบาศก์ ซม.
๑ กิวบิก	=	๑.๑๓๖	ลิตร

สังเกตความ

๑. มาตรการ คือการกระแบ่งสิ่งรวมออกเป็นสิ่งย่อยด้วยหน่วยมาตรฐานที่บัญญัติขึ้นไว้

๒. กาล หรือ เวลา คือความนานอันไม่มีต้นไม่มีปลาย ขณะที่สสารเคลื่อนไหวอยู่ในอวกาศ.

๓. ธรรมชาติแบ่งช่วงเวลาออกเป็น ปี วัน และคืน ซึ่งมีช่วงนานเท่าๆ กัน. เราแบ่งช่วงของเวลาออกเป็น ชั่วโมง นาทีและวินาทีอีก.

๔. อวกาศคือความโล่งอันไม่มีเขตซึ่งสสารและสณญาณอาศัยบรรจุอยู่.

๕. ถ้าเราวัดอวกาศแต่ทิศเดียว (หรือมิติเดียว) เราเรียกว่า วัดความยาว และเราวัดด้วยช่วงเมตรหรือหลา. ถ้าเราวัดอวกาศสองทิศ (หรือสองมิติ) เราเรียกว่า วัดพื้นที่ และเราวัดด้วยตารางเมตรหรือตารางหลา. ถ้าเราวัดอวกาศสามทิศ (หรือสามมิติ) เราเรียกว่า วัดปริมาตร เราวัดด้วยหน่วยลูกบาศก์ฟุตหรือลูกบาศก์เมตร.

๖. มวล คือปริมาณของสสาร. สสารเมื่อมีส่วนจำกัดเป็นสัจฐานเราเรียกว่าเทห์

๗. เราวัดมวลด้วยน้ำหนักกิโลกรัมหรือกรัมหรือเปาน์ต.

คำถาม

๑. ทำไมจึงเป็นการจำเป็นที่ทุกคนต้องใช้มาตรฐานการ ชั่ง ทวง วัด อย่างเดียวกัน ?
๒. “นิ้วเกี่ยวหมากจึก” เป็นมาตรฐานแห่งเวลาได้ไหม ? ทำไม ?
๓. มาตรฐานระยะเย็บชั่งกฤษและระยะเย็บเมตริก ไหนจะสะดวกกว่ากัน ? ทำไม ?
๔. แปลง ๕ เมตร, ๗ เซนติเมตร, ๑ ลิตร, ๓ กรัม, ๔ กิโลกรัม, และ ๑ ตารางเมตร เป็นระยะเย็บชั่งกฤษ ?
๕. แปลง ๔ ฟุต, ๑ ไมล์, ๑ คืบ และ ๓ แกลลอน เป็นระยะเย็บเมตริก ?
๖. ปูนุ่น ๑ กระสอบ เมื่อกดลงให้แน่นเข้าถังกานได้ครึ่งกระสอบ มวลของมันจะเป็นอย่างไร ? ปริมาตรเป็นอย่างไร ?

บทที่ ๔

มาตรฐาน-หน่วย-ประวัตย่อ

ในบท มาตรฐาน เราได้เรียนถึงความหมายแห่งการวัดและการเทียบส่วน
ซึ่งเราเรียกว่า วัดซึ่งและตรง และได้เรียนถึงเงื่อนไขของ กาล, อวกาศ และมวล.
ต่อไปนี้จะได้เรียนถึงความหมายของคำ มาตรฐาน และ หน่วย กับ ประวัตย่อ
ของการวัดที่เราใช้อยู่ทุกวันนี้.

มาตรฐานและหน่วย

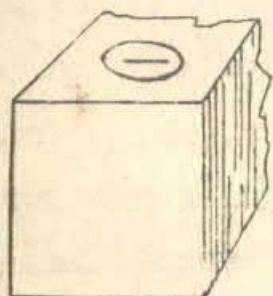
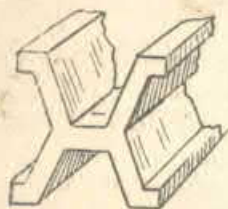
รัฐบาลของประเทศกำหนดหน่วยความยาว, มวล และอุณหภูมิมาตรฐานแยก
เปลี่ยนและอัตราการวัด, ซึ่ง, ตรง เพื่อให้ความสะดวกแก่ประชาชนทำการติดต่อ
กัน. รัฐบาลจึงออกกฎหมายบัญญัติ มาตรฐาน ขึ้น. มาตรฐาน คือ ปริมาณ
จำกัดที่รัฐบาลบัญญัติขึ้นให้ใช้เป็นกฎหมายในมาตรฐานทุกประเภท ในวงการ
ศึกษาของประเทศสยาม เมื่อ พ.ศ. ๒๔๖๖ รัฐบาลได้บัญญัติกฎหมาย การซึ่ง
ตรง วัด ขึ้น และให้เลิกใช้มาตรฐานอันที่เคยนิยมกันมาแต่ก่อน. แต่
ในวงการศึกษาศาสตร์ เราได้ยังเรียนรู้มาตรฐานที่ตำราวิทยาศาสตร์ทั่วไป
กล่าวถึง และสามารถแปลงจากมาตรฐานหนึ่งเป็นอีกมาตรฐานหนึ่งได้. หน่วย
คือ จำนวนหรือปริมาณจำเพาะของมาตรฐานใดๆ. ความยาว, เวลา, น้ำหนัก,
ความเร็ว, ไฟฟ้า, ค่า ฯลฯ ต่างก็มีหน่วย. หน่วยอาจเป็น ส่วนย่อย หรือ
ส่วนทวี ของมาตรฐานก็ได้ เช่นในการวัดความยาวตามระเบียบอังกฤษ ไมล์เป็นส่วน
ทวี, และฟุต, นิ้ว, เป็นส่วนย่อยของมาตรฐานหลา. เราจำต้องเข้าใจการ ซึ่ง
ตรง วัด ตามระเบียบอังกฤษ แต่ตาม ระเบียบเมตริก พยายามทำหน้า

ของค่านัน ซึ่งยังจำนวไว้แล้ว เช่นตัวอย่าง เทคา—คือ ๑๐, เฮกโต—คือ ๑๐๐, กิโล—คือ ๑,๐๐๐; เทซี—คือ $\frac{๑}{๑๐}$, เซ็นติ—คือ $\frac{๑}{๑๐๐}$, และมิลลิ—คือ $\frac{๑}{๑,๐๐๐}$. เราจึงเห็นว่ามาตราเมตริกนั้นสะดวกแก่การท่องจำมาก. “เมตริก” แปลว่า “เกี่ยวข้องกับมาตรกรรมที่ใช้เมตรเป็นมาตรฐาน.”

ประวัติย่อ

ประวัติการตั้งมาตรฐานเป็นเรื่อนำรู้อยู่มาก. มนุษย์ในสมัยโบราณใช้เขา ส่วนของร่างกายของตนเป็นมาตรฐาน ในตำราไทย เราพบคำ ธงคณิ, นิ้ว, คืบ, ศอก. ซึ่งพ้องกับตำราโบราณของยุโรป. คำ “คืบ” แปลว่า ช่วงนิ้ว, คำ “ฟุต” แปลว่า ต้น คือ ช่วงยาวของต้นมนุษย์. คำ “เอลด” แปลว่า ศอก, คำ “เพช” แปลว่า ก้าว ฯลฯ คำเหล่านี้ค่อยๆ กลายเป็นมาตรฐาน ความยาวขึ้น เพราะอำนาจศรัทธาโบราณ.

ฟุตและหลา



รูปที่ ๒ ด้านสะกัมาตรฐาน
เมตรและหลา

เทกโต “๓ ฟุตจึงเป็นหนึ่งหลา” ไม่ปรากฏเค้า
เจอน. แต่ “ฟุต” นั้นพระเจ้าหลุยส์ที่ ๑๔ ของฝรั่งเศส
(ประมาณ ค.ศ. ๑๖๖๑) บัญญัติให้เป็นช่วงยาวของ
ฝ่าพระบาทของพระองค์. “หลา” หรือ “ยาร์ด” มาจาก
คำเดิม “เอลด” เป็นช่วงกางแขนของพระเจ้าเฮนริก ๑
ของอังกฤษ (ประมาณ ค.ศ. ๑๑๒๐) ยังเฉื่อยไม่ “เอลด”
อันแรกทำด้วยไม้แล้วให้อยู่ในความ ซารักขาของกรมพระ
คลัง ครั้นต่อมาจนถึง ค.ศ. ๑๗๔๒ ก็มีการสำรวจ
ความยาวจากไม้เอลดเดิมขึ้น. แต่ปรากฏว่า ไม้เอลดเดิมได้
หักออกเป็น ๓—๔ ท่อน แล้วคามไว้งอนแน่นเต็มที. รัฐบาล

จึงให้จำลองขึ้นอีกด้วยของสัมฤทธิ์ ใน ค.ศ. ๑๘๓๔. เป็นแท่งสี่เหลี่ยมยาว ๓๘
นิ้ว มีด้านสี่กั๊กกว้างหนึ่งนิ้วครึ่ง กึ่งรูปที่ ๒ ข. (เท่าขนาดเดิม) วัน
จากปลายข้างละนวมหมวกของฝั่งรายลงในเนื้อของสัมฤทธิ์ และทศทศของหมวกวาง
จากอีกหนึ่งทศทศของข้างหนึ่งถึงอีกข้างหนึ่งยาว ๓๖ นิ้ว กึ่งรูปที่ ๓ (บน)

มาตราฐานเมตร

มาตราฐานเมตร

รูปที่ ๓

เมตร

มาตราฐาน เมตร ได้เกิดขึ้นและได้รับความนิยมแพร่หลายจนทุก ๆ ปี คงแต่
ปลายคริสต์ศตวรรษ ที่ ๑๘. หลังจากการปฏิวัติในประเทศฝรั่งเศสเมื่อ ค.ศ.
๑๗๙๓. พวกก่อการโคแบ็กลักก็วิพากษ์วิจารณ์ประชุมแล้วตั้งกรรมการขึ้นหนึ่ง
เพื่อค้นหาหลักมาตรฐานของ การวัด ทรง วัด ถิ่น ดาวรรชนี. กรรมการขึ้นจึงได้
ตกลงกันว่าจะวัดเอาช่วงยาว $\frac{1}{10}$ ล้านของเส้นรอบโลก ที่ผ่านขั้วเหนือและใต้ให้เช่น
เมตร. แต่การวัดระยะให้เที่ยงตามผิวมหาสมุทรนั้น เป็นการวัดความสามารถ. เขา
จึงตกลงกันวัดระยะจาก กันเคอร์ก ซึ่งเป็นเมืองทิศเหนือที่สุดของประเทศฝรั่งเศส ถึง
บาร์เซโลนา ซึ่งเป็นเมืองชายแกลงเหนือของสเปนใกล้กับพรมแดนฝรั่งเศส ระยะ
ทางนั้นเมื่อเทียบกันแล้วจะเห็นว่าเป็นเส้นขนานกับ เรีซันคิร (meridian) ๒
มากทศกแล้วใช้ระยะทางเป็นมาตรฐานของการคำนวณ เส้นรอบโลก. รัฐบาล
พระราชบัญญัติแห่งฝรั่งเศสจึงบัญญัติให้เมตรเป็นมาตรฐานความยาว แล้วให้หล่อ
มาตราฐานเมตรขึ้นด้วยโลหะผสม แพลตินัมอิริเดียม มีด้านสี่กั๊ก กึ่งรูปที่ ๒ ก.
และเมื่อเทียบขนาดกับหลาแล้วนั้นส่วน กึ่งรูปที่ ๓.

การวัดน้ำหนักและความตาม ระเบียบเมตริก ก็เกิดจาก การสถาปนามาตรฐานเมตรพร้อมกัน. เมตรหนึ่งแบ่งออกเป็น ๑๐๐ ส่วน ส่วนหนึ่ง คือ เซนติเมตร. น้ำหนัก ๑ กรัม คือ น้ำหนักของน้ำบริสุทธิ์เมื่ออุณหภูมิ ๔° ซ. ที่ระดับทะเลเมื่อบรรจุในหนึ่งเหลี่ยมลูกบาศก์ ซม. ดังนั้น น้ำ ๑ ลิตร จะมีความ ๑,๐๐๐ ลูกบาศก์ ซม. และหนัก ๑ กิโลกรัม.

ส่วนน้ำหนัก เป้าและ ความแม่นยำตาม ระเบียบอังกฤษ ไม่มีการเกี่ยวข้องกับมาตรฐานทองคำ เหมือนอย่างกิโลกรัมและลิตร เกี่ยวข้องกับเมตรเลย มาตรฐานเป้านุ ได้เกิดเมื่อสมัยพระเจ้าเฮนรี ๓ ของอังกฤษ (ค.ศ. ๑๒๖๗) โดยการสมมติให้น้ำหนักข้าวสาลี ๓๒ เมล็ด ผลิตจากตอนกลางของรวงขณะเมื่อแห้งดี แล้วบัญญัติให้หนัก ๑ เ็นั้น และ ๒๐ เ็นั้น ให้เป็นหนัก ๑ เอานซ์ และให้ ๒๐ เอานซ์ เป็นหนัก ๑ เป้านุ ส่วนหนึ่งแกลลอนนั้นให้เป็นความของเหล้าองุ่นหนัก ๘ เป้านุ มาตรฐานเป้านุได้ถูกปรับปรุงอีกหลายหนจนถึงสมัยพระเจ้าเฮนรี ๗ (ค.ศ. ๑๔๘๕) จึงได้ยึดกึ่งน้ำหนักเป้านุเคียว.

ถึงแม้ระเบียบเมตริกอาศัยหลักการวัดที่เกิดจากระยะหนึ่งของ เส้น เวชณิรรอบโลกและอาศัยจำนวนจำกัดของน้ำจริง แต่ในการคำนวณมีการสมมติเอาว่า เส้นรอบโลกที่ผ่านชวเหินและไคเป็นวงกลมนี้ ผลิตจากความจริงมาก. ดังนั้นเราเห็นว่ามาตรฐานทั้งสองระเบียบเกิดจากการสมมติทั้งสิ้น.

เทียบน้ำหนัก

๑ กิโลกรัม หนักประมาณ ๒.๒ หรือ $2\frac{1}{5}$ เป้านุ

๑ ลิตร มีประมาณ ๐.๒๖๔ แกลลอน

๑ เอานซ์ หนักประมาณ $2\frac{1}{3}$ กรัม

สิ่งแปลความ

มาตรฐาน คือ ปริมาณจำกัดที่รัฐบาลบัญญัติขึ้นเป็นกฎหมาย ให้ใช้ใน

มาตรการกรมทุกประเภท.

หน่วย คือ จำนวนหรือปริมาณจำเพาะของมาตรฐานนั้นๆ.

มาตรฐานระเบียบข้อกฤษฎีและระเบียบเมตริก เกิดจากการสมมติ.

คำถาม

๑. ระเบียบเมตริก มีประวัติอย่างไร?
๒. ผู้คิดครั้งแรกอยากตั้งเมตรเป็นมาตรฐานเพียง แต่ทำไมเมตรจึงตกอยู่ในสถานสมมติเช่นเดียวกับหลาด้วย?
๓. ระเบียบเมตริกของการวัดระยะ, น้ำหนัก, และความจุ เกี่ยวข้องกันอย่างไร?
๔. มาตรฐานความยาวเดิมของเรา คืออะไรบ้าง? จึงเทียบให้เป็นระเบียบเมตริก.
๕. "ทศนานหลว" บรรรูกักลิตร? จึงแปลง ๕ ทศนานหลวเป็นแกกลอน.

บทที่ ๕

วิชาเคมีปัจจุบัน

วิถีของการเรียนเคมี

เคมีเป็นวิชาสำคัญอีกภาคหนึ่ง. เคมีอาจช่วยให้เรารู้ว่า “ของสิ่งนี้ทำด้วยอะไร?” หรือ “ทำอย่างไรที่เราจึงจะได้อะไรบางอย่างออกมา?” หรือ “รู้ถึงสิ่งอื่น ๆ ที่เราพบปะอยู่ทุกวัน. ครึ่งหนึ่งเมื่อ ๖,๐๐๐ ปีมาแล้ว เคมีเป็นศิลปะที่ผู้ศึกษาได้ส่งวนเป็นความลับ เพราะเขาเชื่อว่าอำนาจของเคมีอาจทำให้โลหะอันมีค่าน้อยเช่นตะกั่วหรือเหล็กกลายเป็นทองได้. เราคงเคยได้ยินชาวบ้านพูดถึง “การเล่นแร่แปรธาตุ” และ “โลกเกิดขึ้นจากธาตุทั้ง ๔ คือ ดิน, น้ำ, ลม, ไฟ.” ถ้าเราได้ยินเช่นนั้นอีก จงเข้าใจไว้ว่า สิ่งเหล่านั้น คือ ความมืดหรือความเข้มนำมาโดยไม่ได้ต้องขวนขวายหรือเสาะหาความจริงในธรรมชาติ, ไม่ใช่ความรู้ซึ่งเราควรผูกพัน.

เมื่อเราพบปัญหาเกิดขึ้น เช่น “ของสิ่งนี้ทำด้วยอะไร?” มีอยู่วิธีเดียว คือ แยกของสิ่งนั้นออกเป็นอย่าง ๆ แล้วเข้ามาพิจารณาทีละอย่าง ว่ามันคืออะไรแน่ และเราจะทำเช่นเองได้อย่างไร. เมื่อพิจารณาเห็นทีพอในแล้วก็ลองประกอบกันเข้าเป็นรูปเคมีอีก. นักเคมีได้ใช้วิถีแห่งความพิจารณาเช่นกล่าวนี้นี้ในการสืบค้นมานานแล้ว เมื่อเขาพบสารแปลก ๆ เขาก็แยกมันออก หากคุณสมบัติแล้วทำไว้, วิชานี้เรียกว่า วิเคราะห์การ (Analysis) ดังนั้นเขาจึงสามารถรู้โครงสร้างของมัน. แต่เขายังไม่พอไหนกว่าเขาจะเอาส่วน แยกต่าง ๆ เหล่านั้นมาประสานกันแล้วทดลองคุณสมบัติเคมีของสารนั้น, วิถีที่สองนี้เรียกว่า สังเคราะห์การ (Synthesis)

เด็กแทบทุกคนมีนิสัยพิจารณาอย่างวิถิแรกต้งแต่กำเนิด, แต่เราชาวผู้แนะนำและผู้ชักจูง. เราชาวเครื่องเล่นซึ่งเป็นเครื่องมือทดลองของเรา ความจำเข่นขอนจึงยังคยให้เราได้เล่ยวิถิตสองเสย. เราคงจำได้ว่าพ่อแม่เราหาคักตามาให้เราเล่นหลายตัว เราฉีกเสยบ้าง หักเสยบ้าง คงให้แขนขาหลุดเสยบ้าง แต่ไม่ใช้เพราะเราซุกซน เราทำเช่นนี้เพราะเราอยากรู้ว่าข้างในคักตามีอะไรหรือทำด้วยอะไรทำงหาก. ถ้าเราจำความหลังของตัวเราเองไม่ไ้ก็ควรสังเกตุอาการของเค็กเล็ก ๆ เล่นคักตา. อาการแรก คือ วิเคราะห์การ.

เราไม่อาจแยกสารทุกชนิดออกให้เป็นสารย่อยๆ เพื่อหาคุณสมบัติใหม่ทุกคราว เราอาจแยกน้ำออกเป็นกาซ ไฮโดรเจน และ ออกซิเจนได้. แต่เราจะแยกกาซทั้งสองออกอีกให้ไ้สารอื่น ๆ แปรลงไปกว่าเดิมอีกไม่ไ้. สารที่ไม่มีใครแยกออกให้เป็นสารอื่น ๆ ได้อีกแล้วนั้น เราเรียกว่า ธาตุ. และจนถึงทุกวันนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้พบแล้วว่า สารที่ประกอบเป็นโลก เป็นดวงอาทิตย์ และเป็นดาวหรือสสารวัตถุอื่นของโลกที่เราเรารู้จักนั้นเกิดขึ้นจากธาตุ ๙๒ ชนิด ดังที่เราจะได้รู้เพิ่มเติมขึ้นตามลำดับ.

เคมี คือ ผู้ก่อความเจริญ.

บางทีเราอาจรู้ว่า เคมี ทำประโยชน์อะไรให้แก่มนุษยชาติบ้าง. ผู้ที่ชำนาญทางวิชาเคมีจะบอกเราได้ว่า ที่โลกได้เจริญถึงขนาดนี้ขึ้นเพราะผลสำเร็จของนักเคมีแทบทั้งสิ้น บรรพบุรุษของไทยได้มาตังดินและถุณิลำเนาในประเทศสยามหลายร้อยปีมาแล้ว และได้รู้จักใช้เรือใบเป็นขวดยาน. ส่วนประกอบเรือใบทุกขย่งเราได้มาทกข่า เราออกแรงไ้ค่นคั้นไม้และทอเรือด้วยความประณีต. และเมือญาติพี่น้องของเราลากลับออกเดินทางแล้วก็เหมือนกับที่อิงคยจากกัน เพราะอนาคตที่แทรกแซงไปด้วยอันตรายนั้นลึกลับมาก ไม่มีใครนอนใจไ้ได้ว่า วันนั้น เวลานั้น จะถึงปลายทาง หรือจะไ้

พบกันอีก. บัตินซ์ ถึงจะต้องเดินทางด้วยเรือเหาะเซปป์เดินไปทั่วโลกแล้วกลับมา ก็ยังจะสะดวกและให้ความสนุกเสียยิ่งกว่าเดินทางโดยเรือใบจากกรุงเทพฯ ไปซัวเถา อย่างสมัยก่อน. นักเพราะผลสำเร็จของการลดสินแร่ทันทีเคมีคัลคนชน. ตัวอย่าง โกลด์ๆ สมัยอายุเราคือ ผลสำเร็จของการใช้ยางล้อรถ. ถ้าใครใช้รองเท้า ส้นยางหรือเห็นรถยนต์ผ่านไปมาจะเห็นข้อ "กุกเกียร์" หรือ "กันลื่น" ที่คอยอยู่ ทยาง. นั่นคือ ข้อของคนสองคนที่ช่วยให้คนใหญ่ๆ ทั่วโลกเงยเสียงทวงทวงลงใน สมัย ๘๐-๙๐ ปีเอง. แต่ก่อนรถต่างๆ มีล้อขยบนอกเป็นเหล็ก วิ่งบน ถนนที่โรยด้วยหิน เสียงของเกือกม้าและล้อรถกระทบกับถนนไม่เย็นสิ่งเย็นเลย ทั้ง การไปมาก็เปลืองเวลาและไม่สะดวกด้วย. หลังจากนายกุกเกียร์ชาวอเมริกัน คิด ทำยางให้แข็งขึ้นใช้เป็นอย่างดี และนายกันลื่นชาวอังกฤษ คิดทำยางใน สับเขา อากาศก็เข้าไว้แน่น สภาพของรถต่างๆ และถนนก็เจริญขึ้นทันที. ข้อไปอีก ไม่กบ้นักเราจะจะได้เห็นถนนทุกสายกลายเป็นถนนที่ลาดเรียบเอง การที่เอายาง คือ ของเหลวที่กรอกออกจากกันยาง มาทำให้แข็งและทนน้ำหนักได้ก็เพราะวิชาเคมี พืชขอลดที่เราจะได้มาจากยางและหนังฟอกซึ่งเป็นผลสำเร็จของวิชาเคมี. ใครเคย คิดบ้างถ้าเราไม่มีพืชขอลดเช่นทุกวันนี้เราจะทำอะไรแทน? (ลูกมะพร้าวหรือ?)

ไหม คือ โยของหนอนชนิดหนึ่ง ซึ่งเราเอามาทอเป็นผ้าแพรทำเครื่องนุ่งห่ม เครื่องไหมในสมัยเมื่อ ๓๐ ปีล่วงมาแล้ว จัดเป็นเครื่องนุ่งห่มที่มีราคาแพงเพราะ ตัวหนอนไหมให้ใยไม่ทันใจแก่มนุษย์. บัตินซ์เราหาเครื่องนุ่งห่มแพรได้ง่ายเสียกว่า หาผ้ายานอย่างก็ๆ อีก. เกยวนคนทำไหมจากเชื้อไม้และนมวัว นั่นก็เป็นผลของ วิชาเคมีออกอย่างหนึ่ง. แต่ก่อนนี้เราต้องปลอกความและเอาใบความมาทำสีย้อมผ้า บัตินซ์เคมีใช้การ วิเคราะห์และสังเคราะห์ อาจทำสีย้อมผ้าให้เราได้หลาย ๆ อย่าง จากถ่านหินและน้ำมันดิน.

เคมีจึงเป็นส่วนสำคัญในกิจการของเรา ซึ่งเราทุกคนควรเรียน.

สังเกตความ

การเล่นแร่แปรธาตุ เป็นความหลงเชื่อไร้ความรู้. ดิน, น้ำ, ลม, ไฟ ไม่ใช่ธาตุของโลก. โลกมีธาตุ ๔๒ ธาตุ. ทอง, เงิน, ตะกั่ว, ไฮโดรเจน ออกซิเจน ฯลฯ เป็นธาตุ แต่ทองสัมฤทธิ์เป็นโลหะผสมจากธาตุทองแดงและดีบุก. ธาตุคือ สารใดๆ ที่ไม่มีใครสามารถแยกออกเป็นสารอื่น ๆ อีกได้.

คำถาม

๑. นักเคมี ได้ทำอะไรให้แก่เราเพื่อ—

- ก. รวบรวมอันตรายิ่งขึ้น.
- ข. ได้รับความสะดวกมากขึ้น.

๒. จงหยิบหนังสือพิมพ์รายวันชิ้นมาดละฉบับหนึ่ง แล้วช้ข้อความที่พบในประกาศแจ้งความขายของ ว่าสิ่งไหนเกิดจากวิชาเคมี บ้าง?

๓. ความรู้ทางเคมี มีประโยชน์แก่บุคคลที่มีอาชีพเหล่านี้อย่างไรบ้าง?

- ก. นายแพทย์.
- ข. คนเก็บรถจักร.
- ค. ช่างปักกรั.
- ง. หมอ.
- จ. พระ.
- ฉ. แม่ค้าขายผัก.

๔. อธิบาย “วิเคราะห์การ” และ “สังเคราะห์การ.”

๕. จงยกตัวอย่างจากเครื่องใช้รอบตัวเราว่าสิ่งไหนเกิดจากผลของวิชาเคมี.

บทที่ ๒

“เคมี” ตั้งต้นอย่างไร ?

สติปัญญาของเราควรได้รับอาหารให้สมบูรณ์เช่นเดียวกับร่างกาย. แต่คน
โง่เขลาเมื่อถูกห้อมล้อมด้วยความสับสน ทบกลด ชาติอื่น ทำขึ้นมา จำหน่าย แล้วก็
ละเลยการบำรุงสติปัญญาของตนเสีย จนไม่เห็นความจำเป็นของการศึกษาและการ
ทดลองทำสิ่งเหล่านั้นด้วยตนเองบ้าง วิชาเคมีเป็นพื้นความรู้ที่สามารถให้บุคคลศึกษา
สร้างเครื่องอุปกรณ์แทบทุกอย่างทั้งได้กล่าวมาแล้วในบทต้น. ประวัติของเคมีเต็มไปด้วย
ด้วยความลึกลับ รากเดิมของวิชาปรากฏอยู่กับคนโบราณของประเทศอียิปต์ประมาณ
๖,๐๐๐ ปีมาแล้ว. คำ “อียิปต์” สมัยนั้น ก็คือคำ “เคมี” เขียนอย่างนี้
รูปที่ ๔



รูปที่ ๔ “เคมี” เขียนตามอักษรอียิปต์ โบราณ.

“เคมี” แปลว่า “กาลเทศ” (กาล—สีกา เทศ—ภูมิประเทศ) หรือ
รวมความว่า ภูมิประเทศที่มีสีกา. ที่เป็นอย่างนี้เพราะหลังจากถูกหนาวทุก ๆ ปี
ฝนและหิมะตกในแถบตะวันออกกลางของอัฟริกา ทำให้ยังเกิดน้ำป่าลงมาจาก

ลำแม่น้ำในลุ่มและท่วมในแถบอียิปต์ตอนต่ำ. ทรายกว้างตง ๑๐ ไมล์ทั้งสองฟาก
พอน้ำลดแล้วก็นุ่มและมีโคลนคำทน้ำพามาตกอยู่กลายเป็นปุ๋ย ทำให้พืชนั้นมีสีผิว
และเหมาะแก่การเพาะปลูกพืชพรรณธัญญาหารและฝ้าย. ประเทศนี้ได้อชื่อว่า "เอเล
แห่งอารยธรรม" คือรากเง้าแห่งอารยธรรม ของทวีปยุโรปและอเมริกา. ศิลปะ
และวิทยาในสมัยปัจจุบัน ได้สืบเนื่องมาจากประเทศอียิปต์.

หกพันปีมาแล้ว ชาวอียิปต์ เข้าใจดวงสิ้นแล้ว ทองแดง ทำเครื่องใช้ รู้จัก
คุณสมบัติและการใช้โลหะ เช่น เงิน, ทอง, ตะกั่ว, และดีบุก รู้จักทำโลหะ
ผสมที่เราเรียกว่า "ทองสัมฤทธิ์" ซึ่งมีลักษณะแข็งกล้ำกว่าทองแดงล้วน โดย
เอาทองแดงกับดีบุกผสมกันสำหรับใช้ทำเครื่องมือ. ดอยให้ใกล้เราเข้ามาอีกพัน
ปี เมื่อหาพืชน้ำแล้ว ในสมัยการประเพณีฐาน "พีรามิด" ปรากฏว่าชาวอียิปต์
รู้จักการใช้เหล็ก, ทำสับ, ทำแก้ว, ทำนาฬิกา และผสมน้ำมันยางกับกลิ่นหอม
ทุกกลิ่นจากใบไม้เป็นน้ำยาชุบมัมมี่ในการห่อศพเพื่อเก็บไว้ได้นาน, และรู้จักคุณสมบัติ
ของรากไม้ต่างๆ สามารถเอามาทำยาแก้ไอ, ยาพิษ และสีย้อมผ้า.

ในสมัยโบราณ การส่งสอนวิชา และถ่ายทอดวิชาต่างๆ ให้แก่กันนั้น มัก
จะส่งวนเป็นความลับไม่มีใครให้ใครเล่าเรียน. คนมั่งมีและพวกเจ้าจึงเล่าเรียนได้.
ครั้นเมื่อ ๒๓๖๐ ปีมาแล้ว อียิปต์เสียอิสรภาพแก่พวกกรีก. กรีกจึงได้นำเอา
"ศิลปะแห่งอียิปต์" ไปส่งยุโรปเป็นครั้งแรก. ต่อมาอีก ๘๐๐ ปี อำนาจของ
พวกกรีกเสื่อมลง อียิปต์กลายเป็นมณฑลหนึ่งของอาณาจักรโรมัน. ชาวโรมัน
ได้นำเอาศิลปะเก่าไปส่งยุโรปเป็นครั้งแรก. ศิลปะเก่าได้เปลี่ยนสภาพต่างๆ จากการ
ชอนเร้นเป็นศิลปะแพร่หลาย เมื่อสมัยที่พวกมอสเล็มอำนาจมากระหว่าง ค.ศ. ๗๑๑
ถึง ๑๔๘๒ ภัยพิบัติพวกมอสเล็มได้ให้กวานเอาตำราศิลปะเก่าและวิทยาอื่นๆ
จากประเทศที่อำนาจตนซึ่งขณะนั้นมี สเปนญ, เกาะคอซซิกา, ซาซีเนีย, ซิซลี,
เคเรเทส, อีฟริกาเหนือ, อาหรับ และอิหร่าน เอาไปเก็บไว้ในกรุงบักกัททั้งหมด

และได้สร้างหอสมุด มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล และที่ศึกษาทั่วอาณาจักรของคน.
มหาวิทยาลัยที่เมืองคอร์โควา และทอเลโด ในสเปนมีศาสตราจารย์เป็นชาวมอสเล็ม
สอนวิชาเคมี ซึ่งชาวยุโรปมาศึกษากันมาก.

ทั้งศิลปะเคมีและการเลื่อมใสในการเสกเข้าต่างก็ขยาย ตัวเกี่ยว ข้องกัน มา เป็น
ลำดับ ปราชญ์โดยมากเชื่อว่าโลหะที่ไม่ใคร่มีราคาค่าเอายาซึกเข้า กลายเป็น
โลหะราคาสูงจนและผลที่สุดกลายเป็นทอง. เพราะความโลภของมนุษย์และเพราะ
ความเลื่อมใสในอำนาจเวทมนตร์ ศิลปะแห่งอียิปต์จึงเป็นลัทธิและการปฏิบัติตามนิยม
ของบุคคลบางประเภท. เพื่อทำให้โลหะราคาค่ากลายเป็นทองในชีวิตของคน
ต่างก็เสาะแสวงหาวัตถุ “ของวิเศษ” ชนิดหนึ่งที่สมมตกันขึ้น เช่น “เหล็กไหล
ไหลดำ” ของเรา. วัตถุนั้นครั้งแรกเชื่อกันว่าเป็น “ศิลาของปราชญ์” - เขามาฝน
เข้ากับน้ำแล้วเอาน้ำใช้เป็น “ยาซึก” ใส่ในโลหะขณะเมื่อกำลังละลายอยู่ในแก้ว
โลหะนั้นก็จะกลายเป็นทอง. แต่ต่อมาคนเชื่อกันมากขึ้นว่านอกจากเป็นยาซึก วัตถุ
นั้นยังเป็นของวิเศษ สามารถบันดาลให้คนตายแล้ว กลับฟื้นขึ้นมาอีกบ้าง ทำให้คนเมา
กลับได้สติ วัตถุนั้นมีลักษณะอย่างไร แฉ่งหรือเหลวหรือเป็นก๊าซ อยู่ที่ไหนก็ไม่
ใครรู้. ต่างก็ถ่มงายันกันเอาว่าเป็นสิ่งนั้นบ้างสิ่งนี้บ้าง, เป็นน้ำมันจากศพบ้าง, เป็น
กระดูกสัตว์บ้างหรือส่วนหนึ่งของร่างสัตว์บ้าง. ผู้วิเศษเหล่านั้นร้ายเวทพลังมือซึกสับ
พลัง เอายาซึกเทลงไปในเข่งกลางไฟเพื่อหวังให้โลหะนั้นกลายเป็นทอง, แอบไปทำ
ในเหว, ในถ้ำมืดๆ, ในโบสถ์ที่ขุดหนาแน่น, และในที่แอบแฝงอื่นมืดซึก. ใน
จำพวกอาชญากรรมต่างๆ มีที่ชั่วอย่างหนึ่ง ซึ่งเมื่อถูกเผาจนร้อนเกิน จุดละลาย แล้ว ก็
รวมกับออกซิเจนของอากาศกลายเป็นผงเหล็กหรือแดงค้อ ออกไซด์ตะกั่ว ซึ่งผู้วิเศษ
เหล่านั้นพากันเข้าใจว่า เกือบเป็นทองแล้ว. บางคนถึงกับสละอาชีพ เวลา และทุน
ทรัพย์ สะสมผง ออกไซด์ตะกั่ว ไว้มากมาย แล้วคอยเวลาให้มันกลายเป็นทอง
แต่ในที่สุดก็ไม่สำเร็จ. บุคคลเหล่านั้นก็จนและตายด้วยความยากแค้นและไม่สมหวัง.

กาลเทศะศิลปะ ที่มุ่งจะทำโลหะอื่นให้เป็นเงินและทองนั้น เราเรียกตามศัพท์วิทยาศาสตร์ว่า “ร่ายนเวท” หรือตามความเข้าใจสามัญว่า “การเดินแร่แปรธาตุ”

ผู้ที่มีความกล้าหาญ ช่วยให้ชาวยุโรปชะงักและเลิกคิดถึงความโลภตามลัทธิในโบสถ์ ชาวสวิสชื่อ พาราเซลซุส (ค.ศ. ๑๔๙๓-๑๕๔๑). ในวัยศึกษา บิดาได้สอนพาราเซลซุสให้มีภูมิเบื้องต้นในทางแพทย์ยาและผ่าตัด และทั้งวิชาโหราศาสตร์และเคมี. ต่อมาพาราเซลซุสได้ไปศึกษาจนสำเร็จเป็นนายแพทย์จากมหาวิทยาลัยบาเซิล.

ปฏิบัติการของผู้สำเร็จการศึกษามีโบราณคือ เมื่อออกจากมหาวิทยาลัยแล้ว ต้องท่องเที่ยวไป หาความชำนาญและวิชาเพิ่มเติมในประเทศใกล้เคียงอีก. พาราเซลซุสได้ท่องเที่ยวไปแทบทุกประเทศในยุโรป. ครั้น กลับมายังบาเซิล ก็ได้รับตำแหน่งเป็นแพทย์รักษาทางแพทย์ของนคร. พาราเซลซุสเป็นคนตรง รักความจริงแห่งธรรมชาติมากกว่าเอาใจประชาชน. วันหนึ่งเมื่อเขาชกดันตนคู่ต่อสู้เลื่อมใสของเพื่อนบ้านแต่กรรสายนเวทไม่ได้แล้ว เขาจึงให้คนใช้รักษากระโหลกศีรษะของเขาให้ใหญ่ไปหนึ่งมาคังเข้าในทงมนมจน. ผู้คนที่เห็นอาการแปลกประหลาดก็ห้อมล้อมคอยดู. ต่อไปเขาก็ให้เขาเอาคำราศีประเคมี คำรายาททองมีการเสกเข้า และคำราโหราศาสตร์ของศาสตร์จารย์โบราณสองคนมากองไว้ในกระโหลก. เขากำมะถันและกินประสิริเป็นเชื้อไฟ เผาคำราเหล่านั้นเป็นท่าอธิ. กล่าววาจาแข่งคำศาสตร์จารย์เจ้าคำราและเลียมถึงผู้เลื่อมใสที่ยังมีชีวิตอยู่ด้วย. มารยาทของพาราเซลซุสทำให้พวกแพทย์และชาวเมืองทั้งหลายในศิลปะเคมีอยู่พากันเกลียดชังและคอยวิรยาคนมากยิ่งจน หนึ่งมีเหตุ. คนสำคัญในเมืองผู้หนึ่งถึงมเจ็บลง ได้ประกาศให้รางวัลต่อแพทย์ผู้สามารถรักษาเขาให้หายไข้ได้. บรรดาแพทย์ทั้งปวงที่ยังคงดิ้นรนต่างก็ไม่กล้าลองก็ เพราะอาการคนไข้ผู้หนึ่งหนักเต็มที. แต่พาราเซลซุสรับอาสา เพราะต้องการแสดงความรู้

บริษัทของวิทยาศาสตร์. ครั้นเมื่อเขารักงานใช้หายแล้วก็กลับดูโลกอีก. เขา
จึงนำความขึ้นศาล ศาลก็สั่งให้พาราเซลซุสแพ้ความ พาราเซลซุสทนความ
อับอายของพวกผู้พิพากษาและการรังแกของประชาชนไม่ได้ จึงอพยพออกจาก
กรุงบาเซิลไปอยู่กับศิษย์ผู้หนึ่งในประเทศเยอรมัน แล้วสิ้นชีพตักษัยเมื่ออายุ ๔๘ ปี

พาราเซลซุส เป็นคนนอกทนในการทำงาน ชอบการทดลองและเจตจำนงอันแน่ว
ของวิทย์และสสารต่าง ๆ แต่เป็นผู้ที่ทำงานโดยไม่มีระเบียบ. ถึงแม้ว่าที่เขา
เขียนไว้จริงไม่ค่อยมีผู้เข้าใจนัก. พาราเซลซุสเป็นคนแรกที่ใช้คำ "แอลกฮอล"

เราจะเห็นได้ว่า ความเลื่อมใสในเวทมนตร์มีอิทธิพลแรงเท่าไรในจิตใจของ
มนุษย์. ถ้าเราดูประวัติเห็นความบริษัทของวิชาเคมีแท้ ๆ อย่างพาราเซลซุส
นั้น ต้องสิ้นเวลาถึง ๑๐๐ ปี วิทยาศาสตร์จึงพ้นจากการเสกเข้า. คำว่าเล่มแรก
อันถือว่าเป็นหลักฐานได้ ก็ตำราของ รอเบอตุค บอยล์ พิมพ์เมื่อ ค.ศ. ๑๖๗๕.

นักวิทยาศาสตร์สำคัญทางเคมีเราควรรู้จักหลังสมัยพาราเซลซุส มีนาม
ดังต่อไปนี้ :—

รอเบอตุค บอยล์ (ค.ศ. ๑๖๒๗—๑๖๙๑) ค้นพบกฎ ความดัน
ของก๊าซ เมื่อ ค.ศ. ๑๖๖๒.

ปรินซ์ฮุเลอ (ค.ศ. ๑๖๓๓—๑๘๐๔) ค้นพบก๊าซแอมโมเนีย
เมื่อ ค.ศ. ๑๗๗๔.

กาเวนดิช (ค.ศ. ๑๗๓๑—๑๘๑๐) ค้นพบก๊าซไฮโดรเจน
เมื่อ ค.ศ. ๑๗๖๖.

ชีเล (ค.ศ. ๑๗๔๒—๑๘๑๖) ค้นพบก๊าซไคลรีน เมื่อ
ค.ศ. ๑๗๗๔.

ลาวัวเซีย (ค.ศ. ๑๗๔๓—๙๕) ทั้งชื่อภาษาไฮโกรเจน เมอ

ค.ศ. ๑๗๘๖.

แกลตัน (ค.ศ. ๑๗๖๖—๑๘๔๔) ผู้คิดทฤษฎีแห่งปรมาณู

เมอ ค.ศ. ๑๘๐๘.

เทวี (ค.ศ. ๑๗๗๘—๑๘๒๙) ผู้ค้นพบโลหะโซเดียมและ

โปแตสเซียม เมอ ค.ศ. ๑๘๐๗.

สังเขปความ

“เคมี” เริ่มต้นเป็น “คิลปะ” ในประเทศอียิปต์ ๖,๐๐๐ ปีมาแล้ว คำ “เคมี” แปลว่า กาลเทศ หรือภูมิประเทศสำคัญ ตามลักษณะของภูมิประเทศ สองฝั่งแม่น้ำไนล์ตอนปากน้ำ. อียิปต์เป็นแหล่งอารยธรรม. คิลปะและวิทยาศาสตร์สมัยปัจจุบันได้ดัดแปลงมาจากอียิปต์เป็นส่วนใหญ่. ชาวอียิปต์โบราณรู้จักการดอง สัตว์ต่าง ๆ การทำแก้ว ทำสีย และคุณสมบัติของรากไม้. คิลปะและวิทยาศาสตร์ อยู่ในความคุ้มครองของพวกพระและพวกกษัตริย์. เคมีสมัยที่กล่าวถึงนี้มีสภาพเป็น การเล่นแร่แปรธาตุ หรือที่ศัพท์ใหม่เรียกว่า ரசยานเวท พาราเซลซัส (ค.ศ. ๑๔๙๓—๑๕๔๑) แพทย์วิทยาศาสตร์ได้เฝ้าตำราเก่า ๆ และให้พยายามเปลี่ยน สภาพความเลื่อมใสให้เป็นสภาพการวิจารณ์. เคมีอันเป็นหลักฐานเริ่มต้นในสมัย รอบเบอร์ท บอยล์ ค.ศ. ๑๖๗๕ นักวิทยาศาสตร์สำคัญ ๆ หลังรอบเบอร์ท บอยล์ มี ปริสทักเลย์, คาเวนดิช ซีเล, ลาวัวเซีย, แกลตัน, และเทวี.

คำถาม

๑. ในประเทศเรายังมีคนเล่นแร่แปรธาตุอีกไหม ? เราควรแนะนำพวกนี้
อย่างไร ?

๒. วิสาเคมี เกิดขึ้นได้อย่างไร ?
๓. “มัมมี” คืออะไร ?
๔. ชนชาติอะไรที่ทำให้กาลเทศะคลี่คลายแพร่หลาย ?
๕. คำ “เคมี” มีประวัติมาอย่างไร ?
๖. เราขอขอยุติสัจของ พาราเซตาซูลใหม่ ? ทำไม ?
๗. งงเล้าถึง “วัตถุวิเศษที่เอามาทำยาซัค” “การเล่นแร่แปรธาตุ”
๘. ขอขอยุติคนสำคัญทางเคมี และผลของการค้นคว้าของเขา.



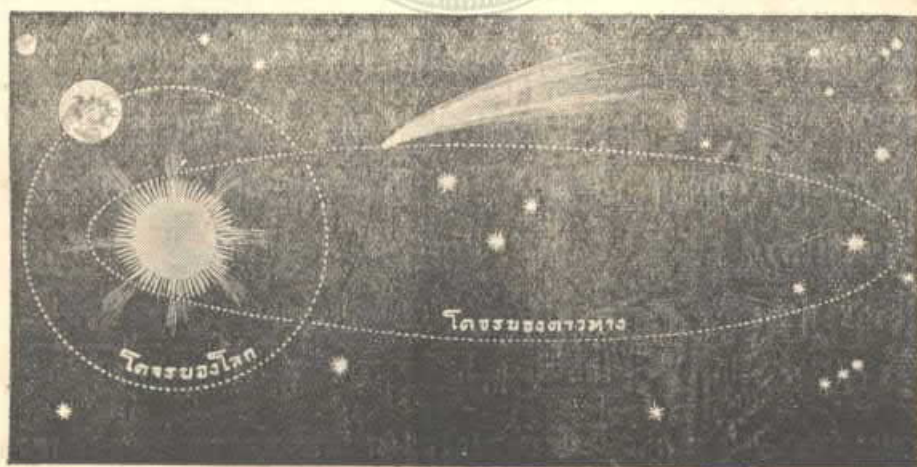
บทที่ ๗

โลกและดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์และบริวาร

เราได้เคยเรียนมาแล้ว ว่านักวิทยาศาสตร์ได้เรียบเรียงดวงอาทิตย์และบริวารเข้าในจำพวกดาวเคราะห์หมู่หนึ่ง ซึ่งเกิดจากหมอกเพลิงถึงรูปหน้าตัน หมอกเพลิงกลั่นตัวเข้าเป็นก้อนหมุนไปทางเดียวกันรอบก้อนใหญ่ ในหมู่ดาวเคราะห์ที่เราพูดถึงมีดวงอาทิตย์เป็นประมุข และมีดาวเคราะห์อื่น ๆ ซึ่งถึงขั้นมีผู้คนพบแล้วรวม ๘ ดวงขนาดต่าง ๆ มีอัตราความเร็วจำเพาะและมีโครรอบดวงอาทิตย์

ในพาหิรภาก มี หมอกเพลิง ดาวเคราะห์ ดาวหาง ดาวฤกษ์ หรือดาวนักษัตร และสสารชนิดดาวร่วง อยู่อีกมากมาย ดาวเคราะห์ต่างกับดาวฤกษ์หรือดาวนักษัตร ดาวเคราะห์หมุนตามวงกลมเวียนรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ ดาวหาง



รูปที่ ๕ แสดงโคจรของโลกและดาวหาง

เป็นดาวมีโคโรเป็นวงยาว เลี้ยวอ้อมดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์หรือดาวนักษัตร
ลอยอยู่ในพาหิรากาศเฉยๆ. แต่สมมุติของโคโรของดาวทางไม่ร่วมกับสมมุติของ
โคโรของโลกหรือดาวเคราะห์อื่น ๆ (ดูรูปที่ ๕) ส่วนสสารเช่นดาวว่างหรือฝุ่น
ไถ่นั้นปลิวกว้างอยู่และอาจตกเข้าไปในบริเวณดาวเคราะห์ใด ๆ ก็ได้ ดาวเหล่านี้
มันแสงในตัวหรือโคโรแสงจากดวงอื่น. โลกเป็นดาวเคราะห์ที่ดวงอาทิตย์สลับออก
มาหลาย ๆ ล้านปีมาแล้ว แต่เพราะความอยู่ห่างจากภายในและจากแสงของดวง
อาทิตย์ สัตว์และพืชจึงได้เกิดขึ้น.

พาหิรากาศ

เมื่อกล่าวถึงพาหิรากาศและแสง ครั้งแรกเราจะต้องลงบันทึกที่ พาหิรากาศ
คืออะไรแน่นอนนักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถแสดงให้เห็นให้เราเข้าใจได้แจ่มแจ้ง พลาโต
ปราชญ์โบราณ ให้ความความคิดและสมมุติพาหิรากาศขึ้น เขาบัญญัติไว้ว่า เทนนิ
สโลกมีอากาศห่อหุ้ม และเห็นอากาศออกไปเป็นพาหิรากาศ นักวิทยาศาสตร์
สมัยปัจจุบันโดยมากได้ตั้งสมมุติฐานแสดงว่า พาหิรากาศมีคุณสมบัติทำคลื่นให้
แสงซึ่งเป็นแรงงานรูปหนึ่ง ผ่านได้ แต่ไม่บังเกิดความสว่าง และสามารถ
ทะลุสสารคือดาวหรือดวงอาทิตย์ทั้งหลายแหล่ ดังนั้นเราจึงขอคิดไม่ได้ว่า
พาหิรากาศ ถึงแม้จะใสหรือโปร่งก็ตาม แต่ก็ต้องแข็งกล้ายิ่งเหล็กมากมายนะ
นัก เราวัดความเป็นไปของพาหิรากาศ จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์เพียงเท่านั้น
อัตราเร็วของแสง

โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ ๙๓ ล้านไมล์.

แสงอาทิตย์ผ่านพาหิรากาศและอากาศ (หรือพูดรวมว่าอวกาศ) ทั่วๆไปถึงโลก
สิ้นเวลาประมาณ ๘ นาที อัตราเร็วของแสงมากกว่าอัตราเร็วของเสียงหรือของ
สสารที่เคลื่อนไหวด้วยอำนาจกำลังแรงใดๆทั้งหมด อัตราความเร็วของเสียงใน

อากาศมีขนาดเพียง ๑,๑๒๐ ฟุตต่อวินาที. แสงวิ่งไ้เร็วมากเกินความสังเกต
 ของเราจนไม่นึกถึงว่าแสงมีอัตราความเร็วเลย ผู้คิดหาวิธีวัดความเร็วของแสง
 คนแรกคือ กาลิเลโอ ใน ค.ศ. ๑๖๖๓ กาลิเลโอ ได้วัดความเร็วให้เห็นให้วัด
 ความเร็วของแสงสว่างโดยเลือกหาเนินเขาสองแห่งห่างๆกัน แล้วให้คนสองคน
 มีโคมคนละดวงขึ้นไปอยู่บนเนินเขานั้น ให้คนที่หนึ่งฉายแสงไปหาคนที่สอง ให้
 คนที่สองฉายแสงตอบเมื่อเห็นแสงโคมจากคนแรกแล้ว แต่การทดลองที่ต้อระชาศัย
 ความฉับไวของมนุษย์ย่อมให้ผลไม่เที่ยง ต่อมาเมื่อ ค.ศ. ๑๖๗๕ นักดาราศาสตร์
 ชาวเกนมารุคชื่อ โรเมอโร ได้วัดเวลาที่แสงจันทร์ดวงหนึ่งของดาวพฤหัสบดีผ่าน
 ศูนย์กลางจักรวาลของโลก ได้ผลลัพธ์ ๑๔๖,๐๐๐ ไมล์ต่อวินาที. หลังจากนั้น
 ได้มีนักวิทยาศาสตร์คิดเครื่องมือโดยใช้แสงสะท้อน ตามแนวความคิดของกาลิเลโอ
 และได้ผลลัพธ์ไม่ไกลกับผลลัพธ์ของโรเมอโรนัก

ลำของแสงแตก

ถ้าดวงอาทิตย์กับดวงในวินาทีที่เราพบกัน เรายังคงได้รัยความสว่าง เล่น
 อะไรสนุกสนานต่อไปได้อีกเพียง ๘ นาที พอทางแสงเข้ามาสู่โลกแล้ว โลก
 ก็จะมีค แต่ความอบอุ่นที่พื้นดินระเหยออก ประกอบกับอาหาร เครื่องนุ่งห่ม หรือ
 ะช่อเพลิงก็ตาม อาจทำให้เราดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้อีกไม่กี่วันนัก แล้วเราก็จะต้ง
 ันรู้สึกถึงความหนาวทวชัน จนในที่สุดชีวิตและพืชระแข่งตายหมดด้วยความหนาว
 และด้วยการไร้แสง เพราะแสงแก่ตนเอง ที่พืชพรรณไม่จึงเขียวชะอุ่มสามารถ
 กลั่นอาหารเลี้ยงมนุษย์และสัตว์ไ้ทั้งโลก

ในพืชมีวัตถุอย่างหนึ่งเรียกว่า คลอโรฟิลล์ ซึ่งเมื่อสัมผัสกับแสงแดด ก็
 ถูกกำลังงานจากแสงแดด. การบอนไดออกไซด์ (จากคาร์บอน+ธาตุออกซิเจน)
 ที่ไ้ไม่ถูกจากอากาศ และน้ำ (จากไฮโดรเจน+ธาตุออกซิเจน) ซึ่งรากไ้ไม่ถูกจาก
 ดินก็มาผสมกัน กลั่นให้ธาตุคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจน รวมกันเป็น สาร

ประกอบ อย่างหนึ่งเรียกว่า การโยโยเคเรตส ซึ่งกลายเป็น แสง และ น้ำตาล
ทั้งปรากฏในผลไม้และธัญญาหาร

การโยโยเคเรตสอาจมีรูปและรสเป็น แสง น้ำตาล หรือ นํ้ามัน เมื่อการโย
โยเคเรตสสัมผัสกับสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งมีธาตุไนโตรเจน กำมะถัน เหล็ก โปแตส
เซียม ฯลฯ โปรตีน และ ไขมัน ก็ยังเกิดขึ้น สารประกอบสองชนิดนี้
เป็นเชื้อเพลิงอยู่ใน เนื้อ ไข่ นม และ ผัก ร่างกายของมนุษย์ต้องการ นอก
จากแสงเป็นปัจจัยอาหารในทางเคมีแล้ว แสงยังกำกับการเจริญเติบโตและเป็นยา
แห่งร่างกายอีกด้วย.

แสงแดดเป็นแรงงานทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เกิดแสงสว่าง เกิดไฟเกิดเสียง
เกิดความร้อน เกิดอาหาร ฯลฯ ที่เราเอามาทำประโยชน์ทุกอย่างวัน ทั้งรูปต่อไปนี้:—



รูปที่ ๖ ค่าของแสงแดด

แสงอาทิตย์จึงใจมนุษย์

แสงอาทิตย์มีอิทธิพลเห็นอมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม จาก “ตะวันตก” และ “ตะวันออก” ที่มนุษย์ได้สังเกตมาหลาย ๆ พันปีแล้วนั้น มนุษย์เกิดความฉงนและเคลือบแคลงไปตามตะวันไปตามทางตะวันตกบ้าง ตะวันออกบ้าง เพื่อเผชิญโชค. โลกมี “บุตรโทน” อยู่คนหนึ่ง คือ ดวงจันทร์ ซึ่งอยู่ห่างออกไปประมาณ ๒๒๐,๐๐๐ ไมล์. ดวงจันทร์มีอิทธิพลเห็นชีวิต และประวัติของโลกมาก. ดวงจันทร์บันดาลให้น้ำขึ้น และ น้ำลง ให้ความสว่างแก่โลกตอนกลางคืน.

นักปรัชญา นักประพันธ์ นักดนตรี ฯลฯ จนกระทั่งเด็กสาวนาก็ชอบแลเห็นพระจันทร์เต็มดวงในท้องฟ้า. แต่แสงที่เราได้จากดวงจันทร์ คือ แสงสะท้อนของแสงอาทิตย์ออกทอดหนึ่ง.

สังเขปความ

โลกและดาวเคราะห์อื่น ๆ ใน โคจรเกือบเป็นวงกลมรอบดวงอาทิตย์ ต่างก็เคลื่อนไหวไปทางเดียวกัน แต่ด้วยอัตราความเร็วต่างกัน. ดาวเคราะห์ ดาวหาง เคลื่อนไหว ดาวฤกษ์หรือดาวนักษัตรอยู่ที่. ดาวหางจะมีแสงในตัว บางดวงพริ้งแสงดวงอื่น. โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ ๙๓ ล้านไมล์. แสงมีอัตราเร็ว ๑๘๖,๐๐๐ ไมล์ต่อวินาที. เสียงมีอัตราเร็ว ๑,๑๒๐ ฟุตต่อวินาที. พลาโตดำริถึงพาหิรากาศ. นักวิทยาศาสตร์จึงสมมติฐานว่า พาหิรากาศให้แสงผ่านโดยไม่มีแสงสว่าง พาหิรากาศจะอยู่ที่ทั้งหลายแหล่งไว้ได้ พาหิรากาศ และ อวกาศ มี ข้อความอันคล้าย ๆ กัน เมื่อพูดถึง พาหิรากาศ เราหมายถึงเขตที่พื้นอากาศห่อหุ้มโลกออกไป.

กาลิเลโอ ให้แนวความคิดในการวัดความเร็วของแสง. โรเมอร์ เป็นคนแรกที่หาอัตราความเร็วของแสงได้ ๑๘๖,๐๐๐ ไมล์ต่อวินาที.

แสงอาทิตย์ก่อกวนอาหารให้มนุษย์และสัตว์. อาหาร แป้ง น้ำตาล น้ำมันและไขมัน คือ สารประกอบ คาร์โบไฮเดรต คาร์โบไฮเดรตเมื่อผสมกับสารประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน กำมะถัน เหล็ก โปแตสเซียม ฯลฯ ทำให้ยังเกิด โปรตีน และ ไวตามิน. ร่างกายต้องการโปรตีนและไวตามินซึ่งเป็นเชื้อเพลิง.

แสงอาทิตย์มีอิทธิพลเห็นอมนุษย์ ทำให้มนุษย์ศึกษาภูมิประเทศและเผชิญโชค. แสงแดดบันดาลความงามในท้องฟ้าให้แก่มนุษย์. ดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลก ๒๔๐,๐๐๐ ไมล์ และมีอิทธิพลเห็นชีวิตและประวัติของโลก บนผืนน้ำขึ้น น้ำลง บนผืนความเบิกบาน ความเศร้าแก่จิตใจของมนุษย์. แสงจันทร์เป็นแสงสะท้อนของแสงอาทิตย์.

คำถาม

๑. เมล็ดถั่วเมื่องอกใหม่ๆ ในที่มืด หันยอดไปทางไหน?
๒. พืชเช่นหญ้าเป็นต้น เมื่อไม่ถูกแดดนานๆ จะมีสีเป็นอย่างไร?
๓. "อาบแดด" คืออะไร? มีคุณหรือโทษอย่างไร?
๔. กินอาหารกระป๋องทุกมื้อ จะมีคุณหรือโทษอย่างไร?
๕. ทำไมจึงควรกินผักและนมสดเสมอๆ?

หมวด ๒

สสาร และกำลังงาน

บทที่ ๘

สสาร

ความหมายของสสาร

ความรู้^๕ของ^๕คน^๕เกี่ยว^๕แก^๕โลก^๕ที่^๕เรา^๕อาศัย^๕อยู่^๕ ประกอบ^๕และ^๕แน^๕ก^๕ล^๕้อม^๕ไป^๕ด้วย^๕ “^๕สิ่ง^๕”
ต่าง^๕ๆ “^๕สิ่ง^๕” เหล่า^๕นี้^๕มี^๕มา^๕ก^๕ช^๕ะ^๕น^๕ิ^๕ก^๕ว^๕ัย^๕กัน^๕ เช่น^๕ ต้น^๕ไม้^๕, ก^๕้อน^๕เม^๕ฆ^๕, ก^๕้อน^๕น้ำ^๕แข็ง^๕,
น้ำ^๕ฝน^๕, ข^๕้าว^๕สาร^๕, “^๕พ^๕ริ^๕ก^๕ย^๕เกล^๕ล^๕อ^๕” และ^๕อื่น^๕ๆ อ^๕ีก^๕มา^๕ก^๕มา^๕ย^๕เหล^๕ือ^๕ท^๕ะ^๕ระ^๕ว^๕ะ^๕ใน^๕. เรา^๕
รู้^๕ว^๕่า^๕สิ่ง^๕ที่^๕อยู่^๕ร^๕อบ^๕ตัว^๕เรา^๕เหล^๕่า^๕นี้^๕มี^๕ว^๕ิ^๕ง^๕ เรา^๕รู้^๕ไ^๕ด้^๕โดย^๕ว^๕ิ^๕ถ^๕า^๕ง^๕ๆ เช่น^๕บ^๕าง^๕สิ่ง^๕ก^๕็^๕รู้^๕ไ^๕ด้^๕จาก^๕
การ^๕ถู^๕ก^๕ต^๕อง^๕ตัว^๕กาย^๕ บ^๕าง^๕สิ่ง^๕จาก^๕ก^๕ล^๕ิ่น^๕ บ^๕าง^๕สิ่ง^๕แ^๕ล^๕เ^๕็น^๕ไ^๕ด้^๕ บ^๕าง^๕สิ่ง^๕จาก^๕ร^๕ส^๕ และ^๕บ^๕าง^๕สิ่ง^๕
รู้^๕ไ^๕ด้^๕จาก^๕เล^๕ย^๕ง^๕.

ว^๕ิ^๕ถ^๕ที่^๕ทำ^๕ ซึ่งเป็น^๕ทาง^๕ที่^๕เรา^๕ไ^๕้^๕รู้^๕เร^๕ื่อง^๕ของ^๕การ^๕เป็น^๕อยู่^๕ร^๕อบ^๕ตัว^๕ โดย^๕ไ^๕้^๕เ^๕็น^๕ ไ^๕้^๕
ส^๕ัม^๕พ^๕ส^๕ส^๕ ไ^๕ย^๕ิน^๕ ไ^๕ย^๕ค^๕ม^๕ และ^๕ไ^๕ย^๕ซ^๕ึ^๕ม^๕นี้^๕ เรีย^๕ก^๕ว^๕่า^๕ ว^๕ิ^๕ถ^๕ส^๕ัม^๕พ^๕ส^๕ส^๕ ว^๕ิ^๕ถ^๕ส^๕ัม^๕พ^๕ส^๕ส^๕ท^๕ัง^๕ทำ^๕ง^๕เป็น^๕
ทาง^๕ห^๕ร^๕ือ^๕ป^๕ระ^๕ค^๕แ^๕ห่ง^๕คว^๕าม^๕รู้^๕.

สิ่ง^๕ต่าง^๕ๆ ที่^๕เรา^๕รู้^๕ไ^๕ด้^๕จาก^๕ว^๕ิ^๕ถ^๕ส^๕ัม^๕พ^๕ส^๕ส^๕น^๕นี้^๕ เรีย^๕ก^๕ว^๕่า^๕ ส^๕สาร^๕ว^๕ิ^๕ถ^๕ สิ่ง^๕ต่าง^๕ๆ อ^๕ัน^๕มา^๕
ท^๕ละ^๕ย^๕ัน^๕ จึง^๕เป็น^๕เพ^๕ียง^๕ร^๕ูป^๕ช^๕ะ^๕น^๕ิ^๕ก^๕ต่าง^๕ๆ ของ^๕ส^๕สาร^๕ ฉ^๕น^๕ั้น^๕ ส^๕สาร^๕ก^๕็^๕อยู่^๕ก^๕ว^๕อย่าง^๕ภ^๕า^๕ย^๕ใน^๕
และ^๕ภ^๕า^๕ย^๕น^๕อ^๕ก^๕โลก^๕ที่^๕เรา^๕รู้^๕ไ^๕ด้^๕จาก^๕ว^๕ิ^๕ถ^๕ส^๕ัม^๕พ^๕ส^๕ส^๕.

ค^๕ำ^๕ว^๕่า^๕ “^๕ว^๕ิ^๕ถ^๕” เ^๕็น^๕สิ่ง^๕ที่^๕ม^๕ี^๕ส^๕ถ^๕ิ^๕ฐ^๕าน^๕ห^๕ร^๕ือ^๕รูป^๕ เช่น^๕ ไ^๕้^๕เ^๕เก^๕า^๕อ^๕ ต้น^๕ไม้^๕
ก^๕้อน^๕เม^๕ฆ^๕ และ^๕ของ^๕ใช้^๕ต่าง^๕ๆ เป็น^๕ต้น^๕.

จำกัดความหมายของสสาร

ใน^๕การ^๕เร^๕ียน^๕ว^๕ิ^๕ย^๕า^๕ค^๕าศ^๕ส^๕ร^๕ ความ^๕หมาย^๕ของ^๕ส^๕สาร^๕น^๕ี้^๕ไ^๕้^๕จำ^๕ก^๕ั^๕ว^๕ไ^๕ด้^๕แ^๕ย^๕ค^๕า^๕ย^๕ัน^๕
ค^๕ือ^๕ สิ่ง^๕ใ^๕้^๕ที่^๕มี^๕น้ำ^๕หนัก^๕และ^๕บ^๕รร^๕ก^๕ใน^๕อ^๕วก^๕าศ^๕แล้ว^๕ เรา^๕ก^๕็^๕เป็น^๕ส^๕สาร^๕ท^๕ัง^๕น^๕ี้^๕ เ^๕ก^๕็^๕ร^๕อง^๕สิ่ง^๕เก^๕ต^๕

หรือที่เรียกกันว่า “ลักษณะ” ของสสาร จึงมีอยู่ ๒ ข้อ คือ—

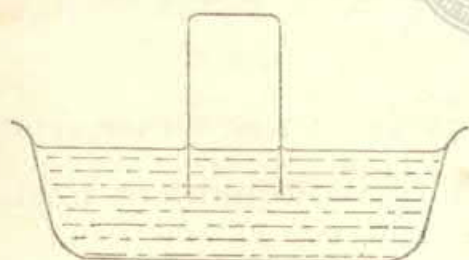
๑. มีน้ำหนัก หรือชั่งได้.

๒. บรรจุในอวกาศ หรือตวงได้.

สิ่งที่ไม่ใช่สสาร คือ สิ่งที่ไม่มีย้ำน้ำหนัก และไม่บรรจุในอวกาศ ตัวอย่างเช่น ความร้อน, แสงสว่าง, ความึก, ความฝัน, ไฟฟ้า และอย่างอื่นซึ่งเราพอจะนึกหามาเป็นตัวอย่างได้อีก โดยใช้เครื่องสังเกตว่า สิ่งนั้นชั่งได้ และบรรจุในอวกาศหรือไม่.

อากาศเป็นสสารหรือ

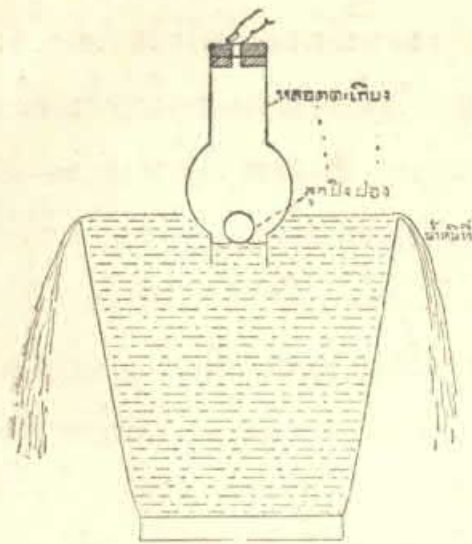
อากาศที่มีย้ำรอบตัวเรา ซึ่งเราแลเห็นไม่ไ้และไม่มีรส นั้น เป็นสสารหรือไม่ ขอนเป็นปัญหาที่จะตอบได้แน่นอนก็ต่อเมื่อได้ทำการทดลองและตรวจดูด้วยตนเอง ว่า (ก) อากาศนั้นบรรจุในอวกาศหรือเปล่า (ข) อากาศนั้นชั่งได้และมีน้ำหนักหรือไม่.



รูปที่ ๑ อากาศถูกชั่งในแก้ว

รูปที่ ๑ อากาศถูกชั่งในแก้ว

ลักษณะแรก พอจะแสดงให้เห็นได้ทั้งรูปที่ ๑ โดยหา ขวดยึด หรือ ถ้วยแก้วเปล่ามาใบหนึ่ง ภายในแก้วนั้นเต็มไปด้วยอากาศ เอาปากแก้วคว่ำลงชนน้ำในอ่างสังเกตว่า น้ำเข้าไปในแก้วเต็มหรือเปล่า ถ้าไม่เต็ม ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ? ถ้ายิ่งกดแก้วลงไปอีก อากาศที่อยู่ภายในจะถูกดันหกลงน้ำเข้าอีก แต่ถึงกระนั้นอากาศยังบรรจุอยู่เสมอไป เราจะทำให้ น้ำเข้าไปในแก้วจนเต็มไม่ได้ เพราะอากาศยังคงบรรจุอยู่ในถ้วยแก้ว ไม่ยอมให้น้ำเข้าไปได้ การทดลองในทำนองเดียวกัน ทำให้ได้ถึงข้อนี้ (พลิกดูรูปที่ ๔):—



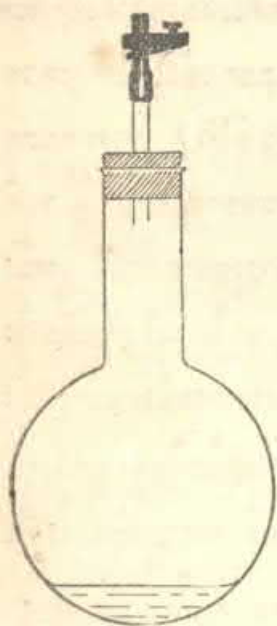
รูปที่ ๘

จึงพยายามทำให้ลูกขึงปองนลอยขึ้นข้างใน โดยวิธีกดหลอดลง จะเห็นว่าลูกขึงปอง
จะลอยขึ้นตามน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น น้ำในถังก็จะล้นออกตามข้างล่าง ที่เป็น
เช่นนี้เนื่องจากอากาศบรรจุอยู่ภายใน และโดยเหตุที่หลอดกดลงไปถึงซึ่งมีน้ำอยู่
เต็มแล้ว น้ำจึงจำเป็นต้องไหลทะลักให้อากาศ.

ถ้าทำการทดลองมาแล้วมาซ้ำอีก แต่คราวนี้เบรในฤกษ์โดยเขี่ยนิ้วขึ้นจาก
จะเห็นลูกขึงปองลอยขึ้นในแก้ว และในเวลาเดียวกันจะรู้สึกได้ว่า น้ำมีผลลัพท์
อากาศที่หนีออกทางรูก็เบรไว้ น้ำจะขึ้นมายบรรจุแทนในหลอด ระดับน้ำในถังก็เขี่ย
เสมอซอจนถึงระดับลง เพราะส่วนหนึ่งของน้ำเข้าไปบรรจุแทนในหลอดแก้วเสียแล้ว.

เท่าที่แสดงมาแล้ว อากาศประกอบด้วยลักษณะแรกใน ๒ ข้อของสสาร เพื่อ
ให้เป็นการสมมุติ เราจะคงแสดงต่อไปให้เห็นว่าอากาศนั้นซึ่งใด และมีน้ำหนัก
ถึงรูปที่ ๘. หาขวดแก้วบาง ๆ และมก้นกลมมาใบหนึ่ง พร้อมถ้วยยกยางทม
เราจะไว้ ใส้หลอดแก้วสั้น ๆ ผ่านเข้าไปทางรูในถ้วยยางนั้น ปลายข้างหนึ่งของหลอด

เลือกหาหลอดตะเกียงขนาดเขื่องพอ
ที่จะให้ลูกขึงปอง ลอดเข้าไปได้ สะดวก
(จะใช้ลูกขึงขวิดแทนก็ได้) หาขนาด
เหมาะ ออกตอนบนของหลอดนั้น รุกที่
ใส้หลอดนั้น เจริญขนาดย่อมไว้รทหนึ่ง
หาถังน้ำมาใบหนึ่ง ใส้หน้าไว้ให้เต็มถึง
ขอบ เขาลูกขึงปองมาลอยไว้บนน้ำในถัง
แล้วหยิบหลอด โดยเอา นวมมือ ขอบรอก
ตอนบน คว่ำหลอดลงครอบลูกขึงปองนั้น



รูปที่ ๕

แก้วต่อด้วยท่ออย่าง ท่ออย่างนียบ และเปิดได้โดยใช้เครื่องมือ
 หนึ่งซึ่งมีสกรูประกอบ ใส่น้ำลงในขวดแล้วเปิดเครื่องมือ
 ไว้ ทิ้งน้ำในขวดจนเกือบ และปล่อยให้เกือบอยู่ ๒-๓
 นาที เมื่อเห็นว่าน้ำเกือบเป็นไอแล้ว เอาตะเกียงที่ใช้
 ทิ้งนํ้าขึ้นออก ทิ้งที่ทิ้งไอนั้น ปิดท่ออย่างให้สนิท แล้ว
 ปล่อยให้ขวดให้เย็นลง เมื่อเย็นแล้ว ซึ่งน้ำหนักของขวด
 และเครื่องมือประกอบ ใช้เครื่องมือซึ่งชนิดที่ซึ่งใกล้เคียง ไอ
 น้ำภายในขวดเมื่อเย็นลง ส่วนมากจะกลั่นตัวลงเป็นน้ำ
 ต่อจากนั้นเปิดเครื่องมือแล้วคอยฟังเสียงของอากาศที่ตกเข้า
 ไปในขวด ซึ่งน้ำหนักของเครื่องมืออีกครั้งหนึ่ง จะเห็นได้ว่า
 น้ำหนักนั้นจะมากขึ้น น้ำหนักที่มากขึ้นนั้นมาจากอากาศที่

เข้าไปเมื่อเราเปิดเครื่องมือขึ้น.

เท่าที่แสดงแล้วพอจะเห็นได้ว่า อากาศมีน้ำหนัก และเราได้แสดงไว้แต่แรก
 แล้วว่าอากาศต้องบรรจุอยู่ในขวดอากาศ ฉะนั้นอากาศจึงจัดได้ว่าเป็นสสารชนิดหนึ่ง
 อากาศจึงมีน้ำหนักน้อยก็จริง แต่ยังมีสสารชนิดอื่นที่เบาขึ้นไปกว่าอากาศอีก
 ในการชั่งน้ำหนักของอากาศจะปรากฏว่า หนึ่งลิตรของอากาศมีน้ำหนัก ๑.๓ กรัม.

สังเขปความ

๑. วิถีสัมผัส เป็นประเภทแห่งความรู้.
๒. สสารวัตถุ ได้แก่สิ่งที่เรารู้ได้จากวิถีสัมผัส.
๓. สสาร คือสิ่งที่มามีน้ำหนักและบรรจุในอวกาศ.
๔. อากาศเป็นสสารชนิดหนึ่ง มีทั้งน้ำหนักและบรรจุในอวกาศ.
๕. หนึ่งลิตรของอากาศ มีน้ำหนัก ๑.๓ กรัม.

คำถาม

๑. สสารในวิทยาศาสตร์ มีความหมายเพียงไหน?
๒. สสารกับวัตถุ ต่างกันอย่างไร?
๓. อธิบายการทดลอง เพื่อแสดงว่า (ก) อากาศบรรจุในอวกาศ
(ข) อากาศมีน้ำหนัก.
๔. พิจารณาว่าสิ่งต่อไปนี้ เป็นสสารหรือไม่ ส, ลม, รั้ง และให้เหตุผลด้วย.



บทที่ ๘

สสารแฉะรูป

ในการเรียนเรื่องสสาร โค้กกล่าวถึงเครื่องสังเกตร หรือที่เรียกกันว่า “ลักษณะ” เพื่อจำกัดความหมายของสสารโดยทั่วไป สารชนิดต่างๆ ได้แก่ สสารแห่งธรรมชาติ เช่น หินผา และแร่จากพื้นดิน ไข่และเนื้อจากสัตว์ น้ำตาล จากอ้อย และเกลือเม็ดจากน้ำทะเล นอกนั้นแล้ว ยังมีสสารวัตถุที่มนุษย์ประดิษฐ์ เช่น สก๊ชชีทา เครื่องยา, และวัตถุระเบิดต่างๆ เป็นต้น.

สมบัติของสาร

ถ้าเราหยิบยกสารชนิดหนึ่งชนิดใดก็ตามมาพิจารณา เช่น น้ำตาล จะเห็นว่าลักษณะธรรมชาติทางฟิสิกส์ได้ เช่น สี, กลิ่น, รส, และลักษณะของก้อนหรือเกล็ด เมื่อใส่ลงในน้ำชา น้ำตาลจะละลายหายรวมเข้าไป ชรสน้ำชาให้หวาน และเมื่อเคี้ยวน้ำตาล จะกลายเป็นผงเมื่อกินภาพเหล่านี้ เราเรียกว่าสมบัติ น้ำตาลทุกก้อนไป จะแสดงสมบัติของตัวดังกล่าวแล้ว ทำให้เราเห็นว่า เป็นน้ำตาล ส่วนเกลือเม็ดแล้ว จะแสดงสมบัติต่างไปจากน้ำตาล เช่น มีรสเค็ม และเมื่อเผาจะแปรทเป็นดิน สารชนิดอื่นนอกจากน้ำตาลและเกลือแล้ว จะแสดงสมบัติของตนแตกต่างกันออกไปอีก.

สาร

น้ำตาลทุกก้อนทุกส่วน จะเป็นก้อนใดส่วนใดก็ตาม ย่อมแสดงสมบัติประจำตัว โดยนัยเดียวกัน เม็ดเกลือทุกเม็ดไป จะแสดงสมบัติเฉพาะของตัว ซึ่งต่างไปจากของน้ำตาล เข้าใจได้ง่าย ๆ ว่า น้ำตาลและเกลือประกอบด้วย

“ของ” ต่างชนิด ของชนิดหนึ่งชนิดใด เมื่อขึ้นหรือส่วนที่แบ่งภาค ออกแสดงสมบัติอย่างเดียวกันแล้ว เรียกว่า สาร น้ำตาลเป็นสารชนิดหนึ่ง เกลือเป็นสารอีกชนิดหนึ่ง สารต่างชนิด ย่อมมีสมบัติต่างกัน เราสังเกตสารหนึ่ง สารใดได้ โดยสังเกตสมบัติของสารนั้น คือสารชนิดเดียวกัน จะมีสมบัติ เหมือนกัน เหล็กจะเป็นชิ้นหรือเศษเหล็กใดก็ตาม จะแสดงสมบัติของเหล็กโดย ครบถ้วน และเรารู้ว่า เป็นสารชนิดเดียวกัน เพราะประกอบด้วยสมบัติต่างๆ ของเหล็ก.

คำว่า “สาร” ที่ใช้ประกอบชื่อมีอยู่หลายคำในภาษาของเรา เช่น ข้าวสาร, สารส้ม, สารหนู, สารปากนก เป็นต้น เกาธ เกาท์เรวู ก็เป็นวัตถุชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจจะทำด้วยสารต่างชนิด เกาธเหล็กหรือเกาธไม้ แล้วแต่ชนิดของสารที่ใช้ทำเกาธนั้นเป็นเหล็กหรือเป็นไม้ สารเช่นเกลือ เมื่ออยู่ในครัวก็เป็นอาหาร แต่เมื่ออยู่ในห้องวิทยาศาสตร์หรือในหลอดทดลองแล้ว เป็น “เคอองยา” สาร เช่น น้ำ, ทอง, น้ำตาล, ดิบก, การปร และเกลือ เมื่อใช้ในการเรียนเคมี หรือในการแพทย์ เรียกว่า “เคอองยา”

สถานะของสสาร

ทุกคนย่อมรู้จักแล้วว่า หินนั้นแข็ง นํ้านั้นเหลว และอากาศนั้นพุ่งไปได้ เราแบ่งสสารตามสมบัติออกเป็น ๓ ประเภท คือ—

- ๑ สิ่งท่แข็ง หรือเรียกสั้นๆว่า ของแข็ง.
- ๒ สิ่งท่เหลว หรือเรียกสั้นๆว่า ของเหลว.
- ๓ สิ่งท่มีธรรมชาติพุ่งไปได้ หรือเรียกสั้นๆว่า ก๊าซ.

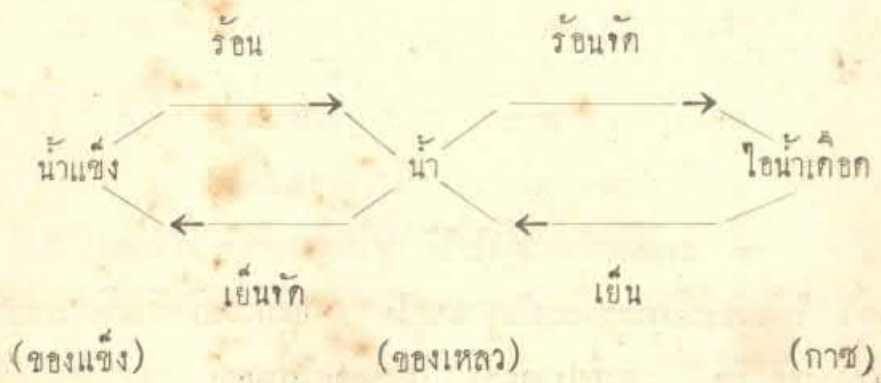
ของแข็ง ใ้แก่ของท่มีรูปรและลัษฐานอยู่ไ้ อนุภาคหรือส่วนท่ประกอบสารนั้น รวมอยู่อย่างอิคั่นแน่น และท่ปรากฏอยู่ ไม้เคลื่อนไหวเลย.

ของเหลว ไก่แก๊ซของที่คุมรูปอยู่อย่างไม่นั่นอน รูปและสัณฐานอนโลมตามรูปของ
 ภาชนะที่ของเหลวนั้นบรรจุอยู่ อนภาคที่ประกอบอยู่ จึงเคลอนไหวได้ข้าง.

กาซ ไก่แก๊ซของที่ไม่มีรูปและไม่มีสัณฐานที่แน่นอนเช่นเดียวกันกับของเหลว และ
 พยายามที่จะขยายตัวบรรจุในอากาศเสมอ การเคลอนไหวของอนภาคนั้น มีมาก
 ที่สุดในนั้น.

บางครั้ง ๒ ประเภทหลังนี้ จึงเป็นประเภทเดียว เรียกว่า ของไหล ไก่
 ถือสมบัติการไหลไก่เป็นปัยจัย.

ของแข็ง, ของเหลว, และกาซ เรียกว่า สถานะทั้ง ๓ ของสสาร.
 สสารนั้น คุมรูปอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่ง แล้วแต่โอกาสเหมาะ ต่อการเป็นอยู่ใน
 สถานะนั้น เช่นน้ำ ตามปรกติเป็นของเหลว เมื่อเย็นจักจะกลายเป็นน้ำแข็ง เมื่อ
 เอน้ำแข็งนั้นมาต้ม น้ำแข็งจะกลายเป็นของเหลว คือน้ำ ถ้าเอน้ำมาต้มให้เดือด
 น้ำจะกลายเป็นกาซหรือไอน้ำเกิดที่พุ่งไปได้ ส่วนไอน้ำเกิดออกต่อหนึ่ง เมื่อ
 ทำให้เย็น จะกลั่นตัวลงเป็นของเหลว คือน้ำ อีกครั้งหนึ่ง การเปลี่ยนแปลง
 ของน้ำแข็งเป็นน้ำ แล้วเป็นไอน้ำเกิดเมื่อได้รับความร้อน และการเปลี่ยนแปลง
 โดยนัยตรงข้ามจากไอน้ำเกิด เป็นน้ำ แล้วเป็นน้ำแข็งเมื่อทำให้เย็นลงนั้น เป็น
 การแปลงสถานะของสสาร การแปลงนี้ แสลงโดยย้อยได้ ดังนี้:-



การแปลงสถานะของสสาร

สภาพที่เหมาะสมต่อการคงอยู่ตามประเภทต่างๆ ของสสาร ควรสังเกตไว้
แล้วว่าต่างกัน น้ำแข็งจะต้องอยู่ในสภาพที่เป็นน้ำ จึงจะเป็นน้ำแข็งอยู่ได้ แต่
เมื่อได้รับความอบอุ่น ก็กลายเป็นน้ำ น้ำเมื่อร้อนจัด กลายเป็นไอน้ำเดือด ไอน้ำ
เดือด ก่อนที่จะกลั่นตัวเป็นน้ำ ต้องทำให้เย็นเสียก่อน อาการของความ
เป็นอยู่นี้ เรียกว่า ภาวะ

ในภาวะที่เหมาะสม เราอาจแปลงกาซหนึ่งกาซใด ให้เป็นของเหลวหรือของ
แข็งได้ และของเหลวใด ๆ เราก็อาจแปลงให้เป็นของแข็งได้เช่นกัน แต่
สำหรับของแข็ง เราไม่สามารถจะหลอมให้เป็นของเหลวได้ทุกกาซไป บางครั้ง
การแปลงของเหลวให้เป็นกาซ ทำได้ยาก.

ในอุณหภูมิปรกติ หมายถึงอุณหภูมิที่เราคุ้นเคยกันอยู่ ปรอทเป็นของเหลว แต่
ในประเทศที่หนาวจัด ปรอทจะแข็งตัวอยู่เป็นก้อน เมื่อเผา ปรอทที่แข็งนั้น จะ
กลายเป็นปรอทเหลว เมื่อเผาให้ร้อนก็ยิ่งขึ้น ปรอทเหลวจะกลายเป็นไอ (ไอ
ของปรอท) อยู่ในสถานะที่เป็นกาซได้ ปรอทจึงคล้ายกับน้ำ สามารถจะคงอยู่
อยู่ในสถานะทั้ง ๔ ของสสาร.

อากาศก็เช่นเดียวกัน ในภาวะปรกติ เป็นกาซที่รู้จักกันอยู่รอบตัวเรา ถ้า
ทำให้อากาศเย็นจัด จะกลายเป็นของเหลว เรียกว่า “อากาศเหลว” ถ้า
เอาอากาศเหลวมาทำให้เย็นจัดยิ่งขึ้น จะแข็งตัวเป็น “อากาศแข็ง” ได้ เมื่อ
ปล่อยให้อากาศแข็ง ซึ่งในเวลานั้นอยู่ในสถานะที่เป็นแข็งให้อบอุ่น โดยทิ้งไว้ใน
อากาศ ชั้นแรกจะหลอมตัวเป็นอากาศเหลว แล้วอากาศเหลวนั้นจะเดือดกลายเป็น
อากาศที่เป็นกาซในภาวะปรกติอีกครั้งหนึ่ง.

การระเหย



รูปที่ ๑๐ น้ำระเหย

ทดลองบนฝ่ามือเล็กน้อย
ได้รับความร้อนจากตัวเรา.

สังเกตความ

๑. สสารนั้นมีแบบต่างๆ ประกอบด้วยสมบัติต่างกันไป.
๒. แบบของสสารที่มีสมบัติจำเพาะเรียกว่า "สาร" เราสังเกตสารต่างชนิดได้โดยสังเกตสมบัติจำเพาะ.
๓. สถานะทั้ง ๓ ของสสาร ได้แก่ ของแข็ง, ของเหลว, และก๊าซ.
๔. สสารเปลี่ยนสถานะได้ เมื่อได้รับภาวะที่เหมาะสมต่อการแปลง.
๕. เมื่อของเหลวกลายเป็นก๊าซ เราว่าของเหลวนั้นระเหย การระเหยจะเป็นไปเร็ว เมื่อตัวของเหลวนั้นให้เดือด ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเดือด ของเหลวระเหยไปได้เรื่อย ๆ.

เมื่อของเหลวกลายเป็นก๊าซ เราว่าของเหลวนั้นระเหยไป การระเหยจะเป็นไปได้เร็ว เมื่อเราคั้นของเหลวนั้นให้เดือด แต่ความจริง การระเหยเกิดขึ้นได้ทุกระยะไปโดยไม่จำกัดอุณหภูมิ แม้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเดือด ก็มีการระเหยได้ เช่นเมื่อเราเข้ามาในห้องที่ร้อนๆ แล้วต้องทงไว้ นานๆ จะค่อยๆ เหงื่อหรือของเหลว (รูปที่ ๑๐) หรืออีกนัยหนึ่งระเหยไปหมด ของเหลวระเหยได้ไวต่างกัน บางอย่างระเหยเร็ว บางอย่างระเหยช้า เช่นแอลกอฮอล์ หรือที่เรารู้จักกันว่า "กอซอ" ระเหยได้เร็วกว่าน้ำ ซึ่งลองดูได้ โดยเอาแอลกอฮอล์ในกระป๋องเล็กๆ เทใส่ถ้วย (เป็นใบ) ไปสั้น โดย

คำถาม

๑. เราจะสังเกตเห็นได้ว่าสารหนึ่งสารใดเป็นสารนั้น ๆ ใ้ข้ออย่างไร ? ใ้ให้ข้อสังเกตว่าสาร ๒ ชนิดนี้ต่างกัน (ก) สารส้ม. (ข) พริก
กบิเกล็ด.
๒. สมบัติมีความหมายว่าอะไร ? ใ้ให้สมบัติมาอย่างละ ๕ ข้อของ
สารต่อไปนี้ :—
(ก) เหล็ก. (ข) ทน. (ค) เกล็ด.
๓. สถานะทั้ง ๓ ของสาร ใ้แต่ละอย่าง ? ใ้อธิบายโดยใช้น้ำเป็น
ตัวอย่าง.
๔. ใ้ทำบัญชีรายชื่อของสารสามชนิดที่รู้จักกันดีมา ๑๐ ข้อ แล้วแยกประเภท
สารเหล่านั้นออกเป็น ของแข็ง, ของเหลว, และก๊าซ.
๕. การระเหยมีลักษณะต่างกับการเดือดอย่างไร ?

๘ บทที่ ๑๐

ความแน่นของสสาร

ทุกคนคงได้เคยอ่านนิทานเรื่องนี้— “ตาแก่หาพื้นวันหนึ่งไปตกไม้อยู่ข้างลำธาร
ลึก ขวานเหล็กมือตกลงไปในลำธาร เพราะความจนทำให้แก่ตรมใจ นั่งลงริมธาร
รำพึงถึงความยากแค้นของตนจะไฉน เมื่อหาขวานมาแทนอีกไม่ได้ เทวดาผู้รักษา
ลำธารนั้น แลเห็นความสัจจริงของตาแก่ ก็ให้บังเกิดความสงสาร จึงบันดาลให้ตา
แก่เห็นรูปแล้วพูดว่า “เขาเด็กหญิงเอ๋ย ลงเป็นคนสัจย์ข้อ ฉันจะช่วยลงให้พ้นความทุกข์
ยาก” แล้วจึงบันดาลให้ขวานทองลอยขึ้นมาเห็นหน้า ตาแก่ก็ปลื้มเสื่อเพราะไม่ใช่
ขวานที่เหล็กมือหายไป. ในที่สุดเทวดาจึงบันดาลให้ขวานเหล็กของตาแก่ลอยขึ้นมา
ตาแก่ก็โง่เป็นอย่างยิ่ง ลงไปริมน้ำหยิบเอาขวานของตนขึ้นมาแล้วก็กราบไหว้แสดง
ความขอบคุณเทวดา. เทวดาก็หายตัวไป.”

เมื่อครั้งเราเป็นเด็ก ๆ เรียนอยู่ในชั้นประถม เราหาได้ถามตัวเองไม่ว่า
“ขวานเหล็กลอยได้หรือ?” แต่บัดนี้ ถ้าใครมาบอกว่าเหล็กลอยน้ำได้เราหายอ
เสมอไม่ แต่ขวานลอยบนของเหลวอย่างหนึ่งได้ เมื่อมองดูแล้วไม่น่าให้ถกเถียง เราจะ
เห็นว่าเป็นของแปลก เหล็กลอยบนปรอทราวกับไม้ลอยบนน้ำ ดังรูปที่ ๑๑.



ขวานลอยปรอท



ไม้ลอยบนน้ำ

เหตุที่เหล็กลอยบนปรอทหรือไม่ลอยน้ำ ก็เพราะสิ่งกลอยทั้งสองแน่นน้อยกว่าหรือเบากว่าของเหลวที่พยุงให้มันลอยอยู่คือ เหล็กเบากว่าปรอท และไม่เบาว่าน้ำ. แต่ตามกายวิยาศาสตร์เราพบว่า ของลอยนั้นแน่นน้อยกว่าของที่พยุง ในทันทีที่เหล็กแน่นน้อยกว่าปรอท ไม่นั้นน้อยกว่าน้ำ เมื่อเทียบกับปริมาตรต่อปริมาตร.

เราหาถึงสิ่งกระแสน้ำขุ่นๆ มาโยหนึ่ง เขาทรายใส่ให้เต็มแล้วยกขึ้น ทุกคนจะต้องพูดว่า “แหม! หนักจริง.” เขาทรายทั้งเสีย เหน่น้ำใส่แทน เราพบว่า “คราวนี้ค่อยยังชั่ว.” เหน่น้ำทั้งเสียแล้วเอาน้ำใส่แทนให้เต็ม เราทุกคนจะบอกว่า “แหม! เบาจริง.”

สารบางอย่างเบา บางอย่างหนัก ทั้งนี้เพราะเราใช้ความรู้สึกรากการเปรียบเทียบ ปริมาตรเท่ากันของสารอย่างหนึ่งกับสารอีกอย่างหนึ่งที่เรายกเอาให้เป็นมาตรฐาน.

สารวัตถุใด ๆ ก็ที่ประกอบขึ้นด้วย อนุแห่งมวล. ที่เราพบว่าของอย่างหนึ่งอย่างนั้นหนัก เช่นเราพูดถึงหินหรือตะกั่วหรือทราย ก็เพราะ อนุแห่งมวล นั้นเกาะกันแน่น. ส่วนของเขาก็เพราะ อนุแห่งมวล เกาะกันห่างๆ. ถ้าเราเทียบวัตถุสองสิ่งว่าอย่างไหนหนักอย่างไหนเบา เราต้องเทียบ ความแน่น ของวัตถุนั้น.

ความแน่นของสารใด ๆ ก็ น้ำหนักของหน่วยปริมาตรของสารนั้น. ตามระเบียบเมตริกเราคิดเอาน้ำหนักต่อ ๑ ลูกบาศก์ ซม. ตามระเบียบอังกฤษเราคิดเอาน้ำหนักต่อ ๑ ลูกบาศก์ฟุต.

ต่อไปนี้เป็นความแน่นของสารบางอย่าง :-

ทองแดงมีความแน่น ๘.๘ กรัม ต่อ ๑ ลูกบาศก์ ซม.

ปรอท	„	๑๓.๖	„	๑	„	„
กบฏ	„	๖.๘	„	๑	„	„
เหล็ก	„	๑.๐๖	„	๑	„	„
น้ำทะเล	„	๑.๐๒๖	„	๑	„	„

(การพองตัวและหดตัวเกี่ยวกับความร้อนเข้ามาแทรกแซงทำให้น้ำหนักต่อ ๑ ซม. ลูกบาศก์ เปลี่ยนไปบ้างเล็กน้อย แต่ในตอนนี้เราจะเว้นไว้ก่อน)

การคำนวณความแน่น

สมมติว่าเราต้องการหา ความแน่นของหิน เราต้องเอาหินก้อนนั้นมาชั่งตวง เพื่อให้น้ำหนัก แล้วจึงคำนวณปริมาตรด้วยวิธีใดก็ตามที่เหมาะสม.

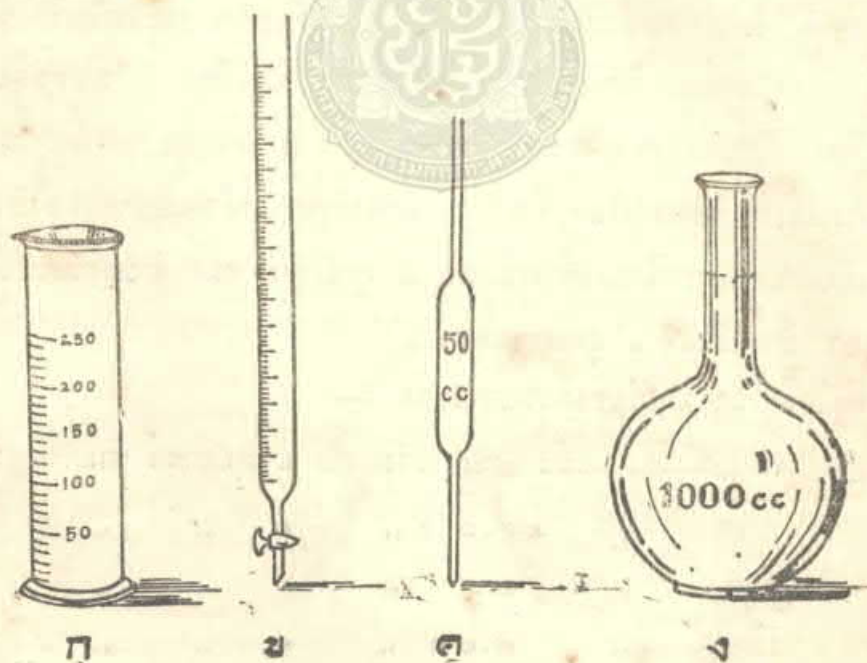
$$(\text{ตามระเบียบเมตริก}) \quad \text{ความแน่น} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ด.บ. ซม.)}}$$

$$(\text{ตามระเบียบอังกฤษ}) \quad \text{ความแน่น} = \frac{\text{น้ำหนัก (ปอนด์)}}{\text{ปริมาตร (ด.บ. ฟ.)}}$$

หรือ

การคำนวณปริมาตรแห่งของเหลว

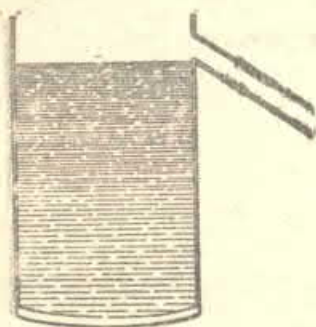
เรากำหนดปริมาตรแห่งของเหลวต่ำกว่าแห่งของแข็ง เนื่องจากของเหลว



รูปที่ ๑๒ เครื่องหมายของเหลว

ไม่ทรงตัวเองได้ปราศจากภาชนะหุ้มห่อมัน. ดังนั้นเราจึงคิดทำภาชนะที่ ๖ เหลี่ยม
เช่นลูกบาศก์ หรือภาชนะทรงกระบอก ซึ่งเราอ่านปริมาตรแห่งของเหลวได้ทันที
หรือไม่เราก็มีเครื่องทวงอย่างหนึ่งที่มีปริมาตรจำกัดไว้เสีย. ตามธรรมดาเราใช้ (ก)
แก้วรูปทรงกระบอกที่มีขีดกะไว้เสีย (ข) แก้วบีวเรต (ค) บิเปต (ง) และ
ขวดแก้ว กังรูปที่ ๑๒.

การคำนวณปริมาตรแห่งของแข็งที่มีสัณฐานไม่เป็นส่วนแห่งเรา



ของแข็งที่มีสัณฐานไม่เป็นส่วนแห่งเรา เช่นก้อนอิฐ
ทั้งแผ่นมี ๖ ด้าน มีมิติ สูง กว้าง ยาว แต่ถ้าทุบ
เสียให้แตก ชิ้นแตกๆ ไม่เป็นส่วนเรา กล่าวคือ
แหลม เว้า มีแฉ่ง มีร่อง มีรอยเข้าๆ ออกๆ ไม่กลม.
ของแข็งในธรรมชาติมีสัณฐาน ไม่เป็นส่วนเราเสีย

รูปที่ ๑๓ แก้วแก้ว "ยูเรคา" โทษมาก ถึงจะกลมก็กลมอย่างเมตต์กั่ว หรืออย่าง
มันเทศ. ในการคำนวณของแข็งลักษณะนี้เราอาจอาศัยแก้วทรงกระบอกก็ได้ หรือ
มีกระบอกใช้ด้วยแก้วเรคา (กังรูปที่ ๑๓) ซึ่งอาร์คิมิดีสคิดขึ้น.

ของแข็งเมื่อเราจมลงในน้ำเมื่อเต็มอยู่ กังรูปที่ ๑๓ น้ำที่ล้นขึ้นหรือล้นออก
จะมีปริมาตรเท่ากับกับของจมนั้น.

ความแน่นเป็นลักษณะหรือสมบัติจำเพาะอย่างหนึ่ง.

ธาตุหรือโลหะหรือแร่ หรือสารประกอบใด ๆ ก็ตาม มีความแน่นจำเพาะเป็น
ลักษณะอย่างหนึ่ง ดังกล่าวเป็นตัวอย่างแล้วในตอนต้น. โปรตมีความแน่น ๑๓.๖
กรัมต่อ ๑ ค. บ. ซม. ของอื่นจะมีความแน่นเท่ากับโปรตไม่ได้. ดังนั้นการคำนวณ
ความแน่นของสารใด ๆ จึงเป็นการพิสูจน์ที่ทดลอง ความบริสุทธิ์ ของสารนั้น ๆ อย่างหนึ่ง

อีกประการหนึ่งถ้าเราไม่รู้จักข้อสารนั้น เราอาจคำนวณความแน่นแล้วไปเทียบดูกับ
ตารางความแน่นที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำไว้ เพื่อหาว่าสารนั้นชื่ออะไร.

สังเขปความ

ความแน่นของสารใดๆ คือน้ำหนักของหน่วยปริมาตรของสารนั้น. สารที่มี
ความแน่นมากก็เพราะอะตอมแห่งมวลเกาะกันแน่น. เราอาจคำนวณความแน่นตาม
ระเบียบเมตริก หรือตามระเบียบอังกฤษก็ได้. ความแน่นคือน้ำหนัก ÷ ปริมาตร.
น้ำนั้นมีปริมาตรเท่ากับของเหลว. ความแน่นเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ.

คำถาม

- ทองขาวมีความแน่น ๒๑.๕ กรัมต่อ ค.บ. ซม. ทองคำมีความแน่น
๑๙.๓ กรัมต่อ ค.บ. ซม. ตะกั่วมีความแน่น ๑๐.๓ กรัมต่อ ค.บ.
ซม. ถ้าทั้ง ๓ นั้นถ้าทำเป็นก้อนที่บดแล้วโยนลงในอ่างปรอท ปรอท
มีความแน่น ๑๓.๖ กรัมต่อ ค.บ. ซม. อย่างไหนจะจม อย่าง
ไหนจะลอย ?
- เขาพบก้อนที่ว่ายน้ำในทะเลง่ายกว่าว่ายน้ำในแม่น้ำลำคลอง ทำไม ?
- หินก้อนหนึ่งหนัก ๙๕ กรัม ถ้าความแน่นของหินก้อนนั้นเป็น ๒.๕ กรัม
ต่อ ค.บ. ซม. จงหาปริมาตรของหินก้อนนั้น.

บทที่ ๑๑

ความถ่วงจำเพาะของสสาร

ในบทที่ ๑๐ เราได้เรียนถึงเรื่อง ความแน่นของสสาร ซึ่งหมายความว่า น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของสสารวัตถุ. เราจึงคำนวณความแน่นของกินหรืออากาศหรือแร่หรือธาตุใด ๆ ก็ได้. สูตรของความแน่นคือ :-

$$\begin{aligned} \text{ความแน่น} &= \frac{\text{น้ำหนัก}}{\text{ปริมาตร}} \\ \text{กึ่งนั้น} \quad \text{ปริมาตร} &= \frac{\text{น้ำหนัก}}{\text{ความแน่น}} \\ \text{หรือ} \quad \text{ความแน่น} \times \text{ปริมาตร} &= \text{น้ำหนัก} \end{aligned}$$

แต่เมื่อพูดถึง ปริมาตร และ น้ำหนัก ประเทศหนึ่งก็มาตราซึ่งตวงวัดอย่างหนึ่ง. เรานิยมระเหยยเมตริก แต่ชาวอเมริกันและอังกฤษนิยมระเหยยอังกฤษ. เมื่อเป็นเช่นนั้นจึงเป็นการยากที่จะให้ฝ่ายหนึ่งเข้าใจอีกฝ่ายหนึ่ง ในเมื่อพูดถึงความแน่นของวัตถุอย่างเดียวกัน. เช่นเมื่อพูดถึงความแน่นของตะกั่ว ผู้ไทยก็เอาระเหยยอังกฤษเป็นหลักจะพูดว่า “ตะกั่วมีความแน่น ๗๐๐ เปาน์ตต่อ ๑ ลูกบาศก์ฟุต” แต่ผู้ไทยนิยมนะเหยยเมตริกจะพูดว่า “ตะกั่วมีความแน่น ๑๑.๒ กรัม ต่อ ๑ ลูกบาศก์ ซม.”

นักวิทยาศาสตร์จึงหาหนทาง ทำความเข้าใจกันโดยคิดแนวใหม่ขึ้น เรียกว่า ความถ่วงจำเพาะ และเปลี่ยนความแน่นมาเป็นความถ่วงจำเพาะหมด. แนวความคิดนี้คือ เอาความแน่นของสารที่พูดถึงเทียบกับความแน่นของน้ำเสียก่อน ผลลัพธ์จะเป็นจำนวนเลขเท่านั้น (อัตราส่วน) ดังตัวอย่างต่อไปนี้ :-

นักเรียนไทยคำนวณความถ่วงจำเพาะของตะกั่ว

$$\begin{aligned}
 \text{ความถ่วงจำเพาะของตะกั่ว} &= \frac{\text{ความแน่นของตะกั่ว}}{\text{ความแน่นของน้ำ}} \quad (\text{ระบียบเมตริก}) \\
 &= \frac{11.2 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์ ซม.}}{1 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์ ซม.}} \\
 &= 11.2
 \end{aligned}$$

นักเรียนอเมริกันหรืออังกฤษคำนวณความถ่วงจำเพาะของตะกั่ว

$$\begin{aligned}
 \text{ความถ่วงจำเพาะของตะกั่ว} &= \frac{\text{ความแน่นของตะกั่ว}}{\text{ความแน่นของน้ำ}} \quad (\text{ระบียบอังกฤษ}) \\
 &= \frac{700 \text{ เปนนต. ต่อลูกบาศก์ฟุต}}{62.5 \text{ เปนนต. ต่อลูกบาศก์ฟุต}} \\
 &= 11.2
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อพูดถึง ความถ่วงจำเพาะของตะกั่วแล้ว นักเรียนไทย นักเรียนอเมริกัน นักเรียนจีน หรือนักเรียนอินเดียคนใดคนหนึ่งก็จะเข้าใจเหมือนกันหมดว่า ๑๑.๒ ซึ่งให้ความเข้าใจว่า “ความถ่วงจำเพาะของสารใด ๆ คือจำนวนผลลัพท์ที่ความแน่นของสารอย่างหนึ่งมีอยู่สูงกว่าหรือต่ำกว่าความแน่นของน้ำเป็นเท่า” หรือ “ความถ่วงจำเพาะของสารใด ๆ คือ อัตราส่วนระหว่างความแน่นของสารนั้น ๆ กับความแน่นของน้ำ.”

การคำนวณความถ่วงจำเพาะ

ในการคำนวณ ความแน่นของสาร ใด ๆ ดังบทที่ ๑๐ เราต้องคำนวณปริมาตรของสารนั้นพร้อมทั้งการหาน้ำหนักด้วย. แต่ในการคำนวณความถ่วงจำเพาะ เราไม่จำเป็นต้องรู้ปริมาตรว่าเป็นกี่หน่วยลูกบาศก์ใด.

ก. ของแข็งที่จมน้ำ

สมมติว่าเราหาความถ่วงจำเพาะของมันเทศหัวหนึ่ง ครั้งแรกซึ่งเพื่อบรรณานักของมันเทศจะใส่กระเบื้องอะไรก็ได้ แล้วเอาจุ่มลงไปในตัวแก้วเรคา หรือถ้าไม่มีตัวแก้วชนิดนั้นนักหากระเบื้องอะไรก็ได้ ใส่ลงไปให้เต็มเสียก่อน เมื่อเอามันเทศจุ่มลงไปแล้วกรองน้ำที่ล้นออกมาซึ่งออก.

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของมันเทศ} = \frac{\text{น้ำหนักของมันเทศ}}{\text{น้ำหนักของน้ำล้น}}$$

ในการทดลองนี้เราจะเห็นได้ว่า เราไม่จำเป็นต้องรู้ปริมาตรของมันเทศนั้น.

ข. ของแข็งที่ลอยน้ำ

ถ้าของแข็งเขากว่าน้ำเราจะต้องใช้วิธีถ่วง เพื่อบรรณานักของมันเทศจะใส่กระเบื้องอะไรก็ได้ แล้วเอาจุ่มลงไปในตัวแก้วเรคา หรือถ้าไม่มีตัวแก้วชนิดนั้นนักหากระเบื้องอะไรก็ได้ ใส่ลงไปให้เต็มเสียก่อน เมื่อเอามันเทศจุ่มลงไปแล้วกรองน้ำที่ล้นออกมาซึ่งออก.

ค. ของเหลว

สำหรับของเหลว เราไม่ต้องรู้ปริมาตรอีก เราใช้ขวดแบบชนิดหนึ่งดังรูป.



รูปที่ ๑๔

ครั้งแรกซึ่งขวดเปล่า ครั้งที่สองซึ่งขวดใส่น้ำเต็ม ครั้งที่สามซึ่งขวดใส่ของเหลวเต็ม แล้วคิกให้น้ำหนักของของเหลวและของน้ำ. ดังนั้นเราจะหาความถ่วงของของเหลวนั้นได้ตามสูตร.

จงสังเกตทุกขวดที่รูปที่ ๑๔. จักเป็นแก้วมีรองตะใบ สำหรับให้น้ำล้นออก. ดังนั้นเราบรรจุ

ของเหลวหรือน้ำในขวดชนิดนี้ให้เต็มถึงปากที่เกี่ยว โดยไม่ให้มีฟองอากาศซึ่งอยู่ใต้.

ความถ่วงจำเพาะ

$$= \frac{\text{น้ำหนักของของเหลว}}{\text{น้ำหนักของน้ำ}} \quad (\text{ใช้วัตถุใดตัวเดียวกัน})$$

สังเกตความ

$$\begin{aligned} \text{ความถ่วงจำเพาะของสาร ก} &= \frac{\text{ความแน่นของ ก.}}{\text{ความแน่นของน้ำ}} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักของ ก.}}{\text{น้ำหนักของน้ำต้น}} \end{aligned}$$

ความแน่นของน้ำตามระเบียบชั่งกิโลคือ ๖๒.๕ เป่านกต่อ ส.บ.ฟ. และตาม
ระเบียบเมตริกคือ ๑ กรัมต่อ ส.บ.ซม.

คำถามและทดสอบ

๑. ทักว่า “ความถ่วงจำเพาะของปรอทเย็น ๑๓.๖” หมายความว่า
อะไร ? จงอธิบายให้ละเอียด.
๒. ถ้าเราถูกให้หาความถ่วงจำเพาะของสารใดๆก็ตาม เราต้องรู้จำนวนอะไร
บ้าง ? และจำนวนอะไรบ้างเราไม่จำเป็นต้องรู้ ทำไม ?
๓. จงหาความถ่วงจำเพาะของแก้วขวดหมึก อธิบายวิธีหา.
๔. จงหาความถ่วงจำเพาะของน้ำมันก๊าด อธิบายวิธีหา บอกเครื่องหมายที่ใช้.
๕. ความถ่วงจำเพาะและความแน่น ต่างกันอย่างไร ?

บทที่ ๑๒

แรงแห่งความถ่วงของโลก

ในบทที่ ๓ ตอน อวกาศ เราได้เรียนรู้ว่า ในอวกาศ ความเข้าใจ ชน, ลง, บน, ล่าง, ฯลฯ ไม่มี. ในบทนี้ เราจะได้สืบสวนต่อไปว่า ความเข้าใจ ชน, ลง, บน, ล่าง, ฯลฯ ขณะเมื่ออยู่บนผิวโลกนั้นเกิดมาอย่างไร.

น้อง ๆ ของเราอายุก่อน ๑ ปี ก็เริ่มต้นสังเกต แรงอะไรอย่างหนึ่ง ในธรรมชาติ. เช่นเมื่อเราโยนของเล่นให้เขา เขามักรับแล้วก็ปล่อยให้มันตกลงบนพื้นดิน และถ้าเรายังยื่นเหยืงให้อีก เขาก็รับแล้วก็ปล่อยให้ตกลงซ้ำ ๆ อย่างนั้น จนเคยชินกับความสังเกตใหม่คือแรงกับ แรงอะไรอย่างหนึ่ง ที่คงเขาคักตาของเขา ลงพื้นดิน. เขามียุคไม่ถึง ๑ ปี ก็มีความรู้สึกเช่นเดียวกับเราซึ่งมีอายุ ๑๐ ปีขึ้นไป และเช่นเดียวกับ พ่อ แม่ บิดา ของเราซึ่งมีอายุมาก ๆ. เขาไม่เข้าใจ อาการตั้ง หรือ อาการคูด ของโลกในของทุกอย่างอย่างทำนองเดียวกันกับเราเหมือนกัน. ถ้าใครมาถามเราว่า “ทำไมของทุกอย่างจึงตกกัน?” เราตอบอะไรไม่ได้มากกว่าเรารู้ว่า มันตกลงกัน. เมื่อเรายังเล็กอยู่ประมาณ ๓-๔ ขวบ เราชอบกระโดดจากคันโยนไต่ข้าง, กระโดดข้ามคันน้าย่าง, ปล่อยให้ตัวลงจากหลังควายข้าง, เพราะอาการเช่นนั้นให้ความรู้สึก “ดึบ” แก่เรา และเราเคยถูกสั่งสอน “ไม่ให้กระโดดจากที่สูงลงมาจะเป็นอันตราย.” ไม่มีผู้ใดอธิบายให้เรารู้เลยว่า แรงอะไรอย่างหนึ่ง ที่ถ่วง คักตาของน้อง ๆ เราลงพื้นดิน, ที่ให้ความรู้สึก “ดึบ” แก่เรา และที่ ถ่วง เรือเหาะ, นก, ไ้ไม่มี, ลูกทเรียน, ลูกพทรา, ฯลฯ ลงบนพื้นดินนั้นคือแรงอะไร ?

เรารู้จัก อาการลง ก่อน แล้วจึงรู้จัก อาการชน. อาการชน คือ ๆ มาเรารู้ว่า มันชนกำลังแรงมาก. เราชน “ภูเขาทอง” หรือ “ไต่เขา” เราารู้สึก

เหนื่อย. ถ้าเราแบกหรือถือของหนักเกินไปเลย เรายังต้องออกกำลังมากขึ้น. เราเหนื่อยก็เพราะเราออกกำลังต้านทานแรงอะไรอย่างหนึ่งนั่นเอง ท่วงของทุกอย่างอย่างสูงส่งในโลก สู้ที่ต่ำที่สุดที่ระทำได้. ผู้ที่ศึกษาค้นหากฎให้เรานั้นแรกคือ ไอแซคนิวตัน (ค.ศ. ๑๖๔๒-๑๗๒๗).

ในฤดูใบไม้ร่วง ค.ศ. ๑๖๖๕ บ่ายวันหนึ่ง นิวตันนั่งคิดอะไรอยู่ในสวนใต้ต้นแอปเปิ้ล. ในทันใดนั้น ลูกแอปเปิ้ลตก “ผล” ลงมาอยู่ที่เท้าของเขา. เขาบันทึกถึงแล้วตามตัวของเขาเองว่า “ทำไมหนอลูกแอปเปิ้ลจึงตกลง ยิงพินกัน?” วัตถุอันไร้ชีวิตย่อมเคลื่อนไหวด้วยตนเองไม่ได้. และถ้ามันระเคลื่อนตกเมื่อมีแรงมาดึง มัน หรือ ผลักมัน. เขาเริ่มตั้งฉันทและค้นคว้าโดยการทดลองบ้าง สังเกตบ้าง ในที่สุดก็สรุปความว่า โลกดูดลูกแอปเปิ้ล และ โลกดูดทุกสิ่งทุกอย่าง.

นิวตันได้พิสูจน์ให้เราเห็นว่า เทห์สองสิ่งดึงดูดกัน เทห์ใหญ่ดูดเทห์เล็ก และ เทห์เล็กดูดเทห์ใหญ่ และเพราะเทห์เล็กมีมวลและขนาดน้อยกว่า จึงเคลื่อนไหวเข้าหาเทห์ใหญ่ซึ่งมีมวลและขนาดมากกว่า. แอปเปิ้ลจึงตกลงดิน แต่ดินไม่ตกไปหาแอปเปิ้ล.

การดึงดูดระหว่างเทห์สองสิ่งนี้ ไม่จำเป็นว่าจะต้องมีอะไรมาคั่นกลาง; การดึงดูดก็ยังออกแรงอยู่เสมอ. ลูกพหุราหล่นลงสู่พื้นดิน ถึงแม้เราเข้าร่วมมากางกันเสีย ลูกพหุราก็ยังคงหล่นลงดินอยู่นั่นเอง. ฝนก็ยังคงตกลงดิน แต่ถ้าเรากางร่มกันเสีย ร่มจะเบี่ยง นำฝนจะให้ไหลลงตามขอบร่ม ลงตามตัวเราบ้างถ้าร่มทะลุ และในที่สุดก็ไหลลงดิน.

ลูกขนุน ลูกทุเรียน หรือลูกอื่นที่อยู่กับพินกัน พอเรายกขึ้น เราต้องแก้งข้อออกแรงทั้งมัน, ถ้าเราปล่อยมือมันก็ตกลงดินอีก, เราบอกว่า มันหนัก, นั่นคือเราออกแรงต้านทานแรงดูดของโลก ในช่องเหล่านั้น. แรงดูดของโลกเราเรียกว่า “แรงแห่งความถ่วง.” แรงแห่งความถ่วงจะถ่วงสิ่งต่าง ๆ เข้าหาศูนย์กลาง

ของโลก. สสารวัตถุทั้งหลายแหล่อยู่ในอากาศแห่งความว่าง; เราจึงพูดสั้นๆว่า
สสารมีน้ำหนัก. ที่ซึ่งสสารวัตถุจำต้องตกลงเรียกว่า ที่ดึงดูด คือที่ซึ่งพาไปสู่ศูนย์กลาง
ของโลก และที่ซึ่งได้ฉาปกด้วยที่ดึงดูด คือ ที่สระดับ.

เพราะโลกมีความว่างนเอง ดวงจันทร์จึงถูกดูดแล้วหมุนเวียนตามไปกับโลก
จะไม่หลุดลอยคว้างหากโลกไปใน อวกาศ; และเพราะความว่างนเอง ดวงอาทิตย์
ซึ่งมี ขนาดใหญ่ที่สุด ในจำพวกดาวเคราะห์ด้วยกัน จึงดูดเข้าโลก และดาว
เคราะห์ดวงอื่น ๆ ซึ่งมี ขนาดเล็กกว่า ไว้ให้หมุนเวียนตามอยู่รอบ ๆ.

มูลที่ทำให้เกิดน้ำหนัก อย่างหนึ่ง คือ มวล. เทหใดมีมวลมาก ก็ดึงดูดเข้า
หากันมาก และถ้าเรายกเทหนั้นขึ้น เราก็ต้องออกแรงมาก. อะไรที่มารองรับเทห
นั้นไว้ได้รับความดันมาก. อีกมูลหนึ่งคือ ระยะทาง ระหว่างเทหทั้งสอง เช่น
ของอย่างเดียวกัน ถ้าเรานำไปซึ่งในอากาศขณะที่ยลลยอยู่กับลูกขี้ลนแล้วมาซึ่งทพน
คินอกหนหนึ่ง เราจะเห็นว่า ลิงนั้นเมื่อซึ่งบนพนตน จะหนักกว่าเมื่อซึ่งขณะที่ยลลย
ลูกขี้ลนในอากาศ. โลกก็เป็นเทหอันหนึ่ง.

ของสิ่งเดียวกัน ซึ่งที่โลกจะหนักอยู่อย่างหนึ่ง ซึ่งที่ดวงจันทร์หรือดาวเคราะห์หนักอีก
อย่างหนึ่ง เพราะมวลของโลกและดวงจันทร์ไม่เท่ากัน. คนอันหนักที่พนโลก
ประมาณ ๑๒๒ ตัน จะหนักที่พนดวงจันทร์เพียง ๒๒ ตัน จะหนักที่พนดาว
เล็ก ๆ เพียง ๔ เซนส์ แต่จะหนักที่พนดวงอาทิตย์ ถึง ๒ ตัน.

เทหัดกหรือหล่น

เทหัดกหรือหล่น เกิดจากความว่างนของโลกซึ่งเทหนั้นมาสู่พนคิน ด้วย อัตรา
เร่ง อันเท่ากันทุกขณะ. เทหจากที่สูง ในวินาทีแรกตกลง ๑๖ ฟุต, ในวินาที
หลัง ตกลง ๑๖+๓๒ ฟุต, ในวินาทีที่สาม ตกลง ๑๖+๓๒+๓๒ ฟุต,
ในวินาทีที่สี่ ตกลง ๑๖+๓๒+๓๒+๓๒ ฟุต ฯลฯ.

“เทพห้จะตกลงด้วยอำนาจความเร่งแห่งความถ่วง
มีระยะเพิ่มขึ้น ๓๒ ฟุต ต่อวินาทีต่อวินาที.”

จากกฎนี้ เราอาจศึกษาความสูงของภูเขาหรือความลึก
ของบ่อและเหวได้ด้วยสูตร $s = \frac{1}{2} g t^2$

“s” คือ ระยะความสูงเป็นฟุต

“g” คือ อัตราเร่ง = ๓๒

“t” คือ วินาที

ตัวอย่าง

หินก้อนหนึ่งตกจากชะโงกผาสูงเวลา

๕ วินาที พงถึงพื้นดิน ชะโงกผาสูงเท่าไร ?

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2} \times 32 \times 5 \times 5 \text{ ฟุต} \\ &= 400 \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

หรือถ้าไม่จำสูตร ระลึกทฤษฎีบทโคกลง :-

$$\text{ระยะตกในวินาที } 1 = 32 \left(1 - \frac{1}{2} \right) = 16 \text{ ฟุต}$$

$$,, \quad ,, \quad 2 = 32 \left(2 - \frac{1}{2} \right) = 48 ,,$$

$$,, \quad ,, \quad 3 = 32 \left(3 - \frac{1}{2} \right) = 80 ,,$$

$$,, \quad ,, \quad 4 = 32 \left(4 - \frac{1}{2} \right) = 112 ,,$$

$$,, \quad ,, \quad 5 = 32 \left(5 - \frac{1}{2} \right) = 144 ,,$$

รวม ๕ วินาทีเป็นระยะทาง ๔๐๐ ฟุต.

สังเกตความ

แรงดึงดูดหรือความถ่วงของโลก คือ แรงแห่งความถ่วง. เทหวัตถุซึ่ง

กันและกันและเคลื่อนไหวเข้าหากัน. เทหะเล็กเคลื่อนเข้าหาเทหะใหญ่ และเทหะใหญ่เคลื่อนสู่เทหะเล็ก.

ทิศตั้งคือทิศที่เทหะวิ่งเข้าสู่ศูนย์กลางของโลก, ทิศระดับคือทิศที่ตั้งฉากกับทิศตั้ง.

น้ำหนักคือ แรงที่โลกกดเทหะ, น้ำหนักอาศัสมวลและระยะทางระหว่างเทหะทั้งสอง. น้ำหนักเปลี่ยนตรงข้ามกับระยะทาง.

เทหะตกหรือหล่นอยู่ใน ความบังคับของ อิทธิแรง “เทหะจะตกลงด้วยอำนาจความเร่งแห่งความถ่วงมีระยะเพิ่มขึ้น ๓๒ ฟุตต่อวินาทีต่อวินาที.”

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

คำถาม

๑. ทำไมหินจึงตกลงบนพื้นดิน ?
๒. ถ้าทิ้งของจากที่สูงซึ่งเป็นเนิน คงจะอยู่ในแนวหรือทิศอันถูกต้องไหม ?
ทำไม ?
๓. แรงแห่งความถ่วงของโลกคืออะไร ? น้ำหนักคืออะไร ?
๔. ทิศตั้ง กับ ทิศระดับ คืออะไร ? และต่างกันอย่างไร ?

๒๓

เครื่องมือแรง ๒ อย่าง

เคยมีคนปราชญ์ ตั้งปัญหาถามว่า “มนุษย์คืออะไร?” และเคยมีผู้ให้คำตอบด้วยวิธีอย่างต่าง ๆ กัน. คำตอบที่ใกล้เคียงที่สุดคือ “มนุษย์คือสัตว์ที่คิดเป็น” ในจำพวกสัตว์ด้วยกันแล้ว มนุษย์เท่านั้นที่สามารถทำประโยชน์จากกำลังงานต่างๆ ของธรรมชาติได้. สัตว์ที่ใกล้เคียงกับมนุษย์ที่สุดคือ ลิงใหญ่ และชะนี รู้จักใช้ไม้กิ่ง

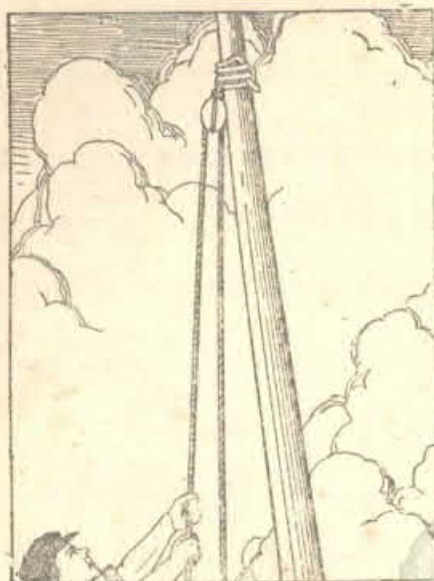


รูปที่ ๑๕

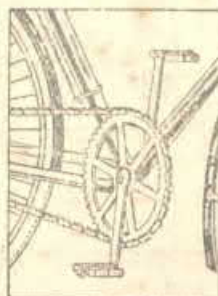
คมนาคม ทอผ้าและเครื่องนุ่งห่ม.

ในยุคที่มนุษย์ยังมาเถื่อนอยู่ คนยังรู้จักกินเอาต้นไม้ใหญ่ที่ล้มตายอยู่ริมทางลงลำน้ำลอยมาใกล้ที่อยู่ แล้วผ่ากินเสียครึ่งหนึ่ง แล้วซัดทิ้งเสีย เครื่องมือแรกที่คนรู้จักคือไม้กิ่ง ซึ่งเคยหนักได้เปลี่ยนรูปเป็นส้อมและเป็นเครื่องมืออื่นๆ สืบมาจนถึงรูปที่ ๑๕.

ในยุคหลายพันมาแล้วหลังการรังสรรค์ คนฉลาดขึ้น คือรู้จักใช้ลูกธอก. คนรู้จักแขวนสัมภาระบนกิ่งไม้ จนกิ่งไม้ตอนนั้นคอดและลื่นเป็นมัน รูดเชือกขึ้นลงได้. แล้วจึงคิดทำลูกธอกผ่อนแรงชักของหนักขึ้นลงได้ ถึงรูปที่ ๑๖. ถ้าใช้ลูกธอกหลายลูก แรงก็ง่ายขึ้นเข้าตามส่วน.



รูปที่ ๑๖



รูปที่ ๑๗ ชักกว้านและพวงมาลัย

ขนกรหรือล้อใช้จักรยาน ถึงรูปที่ ๑๗.

ถักจากสมัยสระแสงและ
ลูกกรอก เราดลาคเข้า
รู้จัก ใช้ไม้ชักกว้าน และ
พวงมาลัย ในการ ดึง หรือ
หมุน หรือ หัน ของหนัก ๆ
เช่นกลาสโยงเรือ. ถึง
ทั้งที่ สักก็กระหัด. ถึง
สัก ท้าย คือ พวง มาลัยยวด

อย่างที่สอง พินเยียงหรือสะพานลาด ที่ช่วยให้เรากลงของหนักขึ้นที่สูง หรือ
 ฝ่อนของหนักลงมาจากค้ำ ทั้งรูปที่ ๑๘. คนรู้จักใช้สะพานลาดมาหลายพันปีแล้ว



รูปที่ ๑๘ สะพานลาด

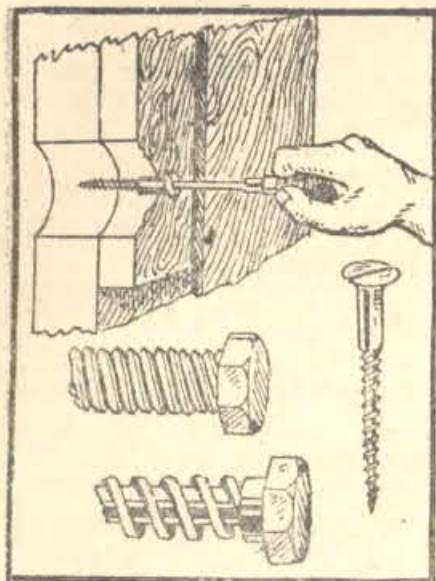
ทั้งการสร้างพีรามิด (ที่คฟในอียิปต์สูง ๔๘๐
 ฟุตด้วยหินเหลี่ยมลูกบาศก์) หินก้อนหนึ่งๆ
 สูงเท่ากับคน. การยกเอาหินลูกบาศก์ที่ข
 ก้น ชาวอียิปต์ใช้วิธีพินลาด คือ ถมพื้นขึ้นไป
 ด้วยดินแล้วเลื่อนหินเหล่านั้นขึ้น.

เวลาเราผ่าพื้นเราต้องใช้ขวาน บางทีขวานเล็กไปเราต้องใช้ ค้อน แล้วเอา
 ค้อนขวานคอกช่วยแหะเนื้อไม้ออก. ค้อนมีประโยชน์มากในการสลักหินออกจากภูเขา
 ทั้งรูปที่ ๑๙. ช่วงสลักหินเขาจะเจาะหินให้เป็นร่องคั่นๆ ก่อน แล้วเขาเอาค้อนทำ
 ด้วยไม้แท่งคอกลงไปตามร่อง แล้วจึงเขาน้ำเทราดไม้ลุ่มให้ชุ่ม ค้อนนั้นจะพุ่งตัวออก
 หินก็ร่วงแตกออกมาเป็นขนาดเหลี่ยมดังต้องการ.



รูปที่ ๑๙

เครื่องผ่อนแรงแบบง่ายอันลึกลับที่สุดคือ ตาปูควง ทั้งรูปที่ ๒๐. เหตุที่ตาปูควง
 แหะเนื้อไม้เข้าไปไต่ด้วยแรงบีบจากมือแต่คนอื่นๆก็เพราะตาปูควง มีคมตามเกลียวอย่าง
 เกลียวกับ พินลาด. หรือถ้าเราพิจารณาจากอีกแง่หนึ่งเกลียวตาปูควง เหมือนกับ ค้อนคม
 บางอย่างที่ฟันรอยแฉกเหล็ก.



ลิ่มแหวกเนื้อไม้ได้ดียังไร ทาปูน
กับแหวกเนื้อไม้ได้ดียังขึ้น. นอกจากนั้น
ทาปูนยัง เหนียว เนื้อไม้ให้มาทางแนว
หัวตาปูน ฉะนั้นทาปูนจึงดีกว่า
ใช้ตาปูนธรรมดา. สมัยนี้ช่างไม้ใช้วิธี
ประกบหรือ อัดกระดาน ด้วยวิธี ขึ้นด้วย
ตะปู
ทอง.

รูปที่ ๒๐

สังเกตความ

เครื่องผ่อนแรง ๖ แบบได้แก่—

๑. ชะแลง
๒. ลูกรอก
๓. พนัก
๔. ลิ่ม
๕. คันถ่วงกับพวงมาลัย
๖. ทาปูน

คำถาม

๑. มีโยก ค้อนเมื่อเวลาชัก ขวาน ตัว กบ เหล็กหมาด ตกอยู่ใน
เครื่องผ่อนแรงแบบไหน?
๒. เวลาเลื่อยไม้แบนๆ เราทำอย่างไร เราพึงหาการผ่อนแรงแบบไหน?
๓. เราต้องการยกของหนักๆ ขึ้นที่สูง เราจะทำอย่างไรที่จะยกขึ้นต้องออก
แรงมาก.

บทที่ ๑๔

แรง—กำลังงาน—งาน—กำลัง

ในวิชาเมคานิกส์ หรือในวิทยาศาสตร์เบื้องต้น เราอ่านพบคำทั้ง ๔ น้อยๆ ต่างคำต่างก็มีความหมายไปอย่างหนึ่ง แต่เรามักใช้ปะปนกันไป จึงจำเป็นต้องซ่อมความเข้าใจกันใหม่.

๑. แรง (Force)

เมื่อใดเราผลักหรือดึงวัตถุใด ๆ เมื่อใดเราออกแรง. “ลูกเขี่ยเขี่ยหล่น” “เรือบินตก” ลงยังพื้นโลก โลกออกแรงดึง. ผลักหรือดึงไม่ใช่แต่ แรง ของมนุษย์และสัตว์เท่านั้น. เราจึงต้องแบ่งแรงออกตามลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้:—

(๑) คนสองคนชักกระเชือกัน สัตว์สองตัวแย่งกระดูกชิ้นเดียวกัน วิ่งสองตัวชนกัน ฯลฯ ทั้งสองฝ่ายต่างออกแรง. แรงเช่นนี้เราเรียกว่า แรงกล้ามเนื้อ มีจำเพาะมนุษย์และสัตว์.

(๒) เมื่อเรายกของขึ้นจากพื้นแล้วต้องไว้บนระดับสูง ของนั้นจะหนักหรือเบา เราก็ต้องออกแรง. ของยิ่งใหญ่และทึบเราต้องออกแรงมาก แรงที่ออกไปใช้สู้กับแรงดึงดูดสู่ศูนย์กลางของโลก. เราเรียกแรง ดัง ลง ที่มีอยู่ด้วยมวล แห่ง สสาร ว่า แรงถ่วง.

(๓) เราทุกคนเคยเห็นแม่เหล็กรูปเกือกม้าที่แม่ค้าตรว “สตางค์ดีหรือสตางค์เก” สตางค์ใดเมื่อติดแม่เหล็กแล้ว ถ้าเราจกปลดออกเราต้องออกแรงสู้กับแรงดูดของแม่เหล็ก เพราะแม่เหล็กมี แรงแม่เหล็ก.

(๔) ถ้าเราเลื่อนโต๊ะ เลื่อนหนังสือ บนพื้นทรายที่เรียบเป็นมัน เราออกแรงน้อย. ถ้าเราลากของบนพื้นขรุขระ เราต้องออกแรงมาก ต่อสู้กับแรงเสียดทาน

เรียกว่า แรงขั้วสี่. รถไฟลากรถพ่วง. มาลากรถ. รถไฟและม้าต้องออกแรงต่อสู้กับ แรงขั้วสี่. แรงขั้วสี่ตามากมายทั้งที่มีประโยชน์ เช่นในการใช้ดาบ และในการเดินของเรา. ถ้าไรแรงขั้วสี่แล้ว ตายก็คงจะไม่คิดเนื้อไม้ เราก็คงล้ม เพราะถนนลื่น วันใดฝนตกทำให้ถนนเปียก แรงขั้วสี่ระหว่างผิวถนนกับรองเท้ามันลื่นลงเราเดินไม่สะดวก เราลื่นว่า “แหม! ถนนลื่นจริง.”

(๕) เวลาเราต้องการกินส้มโอหรือทุเรียนเราต้องฉีกมัน. เวลาเราหักข้าวเหนียวแฉกเราต้องทึง. มันจึงหลุดออกจากกัน. เราต้องออกแรงต่อสู้กับแรงเกาะกัน.

(๖) สิ่งใดที่แกว่งอยู่ เช่นลูกตุ้มนาฬิกา หรือสิ่งใดที่เคลื่อนที่อยู่ เช่นลูกฟุตบอลที่กำลังวิ่งมาตรงเรา เราถามอยู่ที่ไหน เรารู้สึกว่าจะ ต้อง ออกแรงต้านทานกับแรงที่มันอยู่ในสิ่งเคลื่อนไหวนั้น. เราออกแรงต้าน แรงเฉื่อย หรือ แรงแห่งความเฉื่อย.

(๗) เราออกแรงกดลูกฟุตบอลที่กลิ้งไปแล้ว หรือเราบังคับเบรคสปริง เรารู้สึกว่าเราต้านทานแรงอย่างหนึ่งพยายามกันเราเพื่อเข้ารูปเดิม. แรงนั้นคือแรงยืดหยุ่น.

(๘) เวลาเรถลื่น เรารู้สึกตัวเอนออกตรงข้ามกับมุมที่รถถลื่น หรือเมื่อเราเอายางลื่นผูกเชือกแล้วแกว่งรอบๆ ถ้าเชือกขาดยางลื่นก็หลุดพุ่งตรงออกไปแทนที่จะหมุนเป็นวง. อาการเคลื่อนไหวนั้นจากทุก ๆ จุดของวัตถุทวนไปเป็นวงรอบๆ แล้วพยายามหลุดไกลออกไปจากศูนย์กลางตามเส้นพาดวงนี้เรียกว่าแรงเซนตริ ฟิวเกิล หรือแรงเหวี่ยง. แรงนี้เองทำให้ลูกข้างของเราคงอยู่ใต้เมื่อเวลาหมุน.

แรงต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้ บางทีเราเรียกว่า แรงแห่งธรรมชาติ. ทุก ๆ ครั้งที่เราออกแรงเราจะเห็นได้ว่าเป็นแรงคู่กันอันอยู่ในแนวเดียวกันเสมอ. บางทีก็เป็นอย่างนี้ ← ————— → บางทีก็เป็นอย่างนี้ ← ————— →

เข่นกรรยาและปฏิกรรยาค่อกัน. คงนั้นเราอาจล่าวไต่สันๆว่า แรงคือกรรยาพลัก
หรือคง นั้นเอง.

แรงไม่ใช่ชีวิต ไม่ใช่สสาร แต่การใช้แรงต้องมีสสาร. เราจึงเห็นได้ว่า
เราแยกแรงออกจากสสารไม่ได้. เราไม่สามารถนึกถึงแรงเปล่าๆ และเราไม่สามารถ
นึกถึงสสารเปล่าๆ. ก่อนจะพบเรื่องแรงเราควรระวังจักคำสองคำ— “ความเค้น”
และ “ความเครียด”

ถ้าเหตุใดๆเมื่อถูกแรงกระทำแล้วเปลี่ยนขนาดหรือรูปร่าง เราเรียกอาการเช่นนั้นว่า ความเครียด. ส่วนแรงภายในเพื่อทำให้เกิดความเครียดนั้น เรียกว่า ความเค้น. ความเครียดย่อมเป็นปฏิภาคกับความเค้น. การต้านทานของเนื้อหิมทำให้เกิดความเครียดเราเรียกว่า ความแข็งแรง.

สาขาสีขาวเกี่ยวกับความเคลื่อนไหวซึ่งเป็นผลแห่งแรง เราเรียกว่า จิตนี้
 และสาขาสีขาวทำให้บังเกิดการเปลี่ยนรูปหรือฉกฉวยจากแรง เราเรียกว่า สัตต.

๒. กำลังงาน (Energy)

มนุษย์ต่างกบฏศัคว เพราะมนุษย์รู้จักหาหนทางที่จะเอาประโยชน์จาก "โรงงาน" แห่งธรรมชาติ. นอกจากการใช้กำลังงานของคนที่ตนไ้รับจากอาหาร มนุษย์ยังรู้จักเอาพลังงานจากไฟมาหุงต้มตั้งแต่สมัยยุคดึกดำบรรพ์. ชนแรกๆ มนุษย์ได้กำลังงานเพิ่มช่วยอาชีพคนคือ ipsis มาผูกบนเชือก แล้วให้สัตว์ทำงานหนักๆ ให้ตน ในสมัยก่อนวิทยาศาสตร์แพร่หลาย พวกและเหล่า มักทำศึกกันแล้วชัยชนะเลยก็มาใช้งานและนิยมการค้าขาย. อเมริกามีพลเมืองนิโกรเป็นจำนวนมากก็เพราะชาติผิวขาวรักคนกำลังงานจากทาส. จึงยังเกิดการจับพวกนิโกรจากอัฟริกาไปขายในอเมริกา เพื่อเอากำลังงานของพวกนิโกรใช้ในการเพาะปลูก. ครั้นต่อมา มนุษย์ฉลาดขึ้น แลเห็นธรรมชาติมีกำลังงานมาก เช่น จากน้ำไหลและลมพัด. เขา

จึงสร้างใบพัดคัตคอนเฮากำลังงานจากน้ำและลมมาส์ข้าว คำข้าว เลื่อยไม้ ฯลฯ
ในสมัยปัจจุบันเราได้รับกำลังงานจากถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม และไฟฟ้ามากที่สุด.

เราแบ่งกำลังงานออกเป็น ๒ ชนิดตามแนววิทยาศาสตร์. สารใด ๆ หรือ
วัตถุใด ๆ ก็ตามจะเป็น คน สัตว์ ก้อนหิน ไขมัน ก็ตาม ถ้าสามารถทำให้สิ่งใด
สิ่งหนึ่งเคลื่อนที่ได้ เราก็ก้าวว่ามันมีกำลังงาน. หรือสิ่งใดที่ เคลื่อนไหว ก็มี
กำลังงาน เพราะสิ่งที่เคลื่อนไหวย่นอาหารทำให้สิ่งใดสิ่งหนึ่งเคลื่อนไหวไปด้วยได้.
สารบางอย่างถึงแม้จะไม่เคลื่อนไหว แต่ก็กำลังงานแฝงอยู่ ตามธรรมชาติทางเคมี
หรือ ตามสภาพ หรือ ตามฐานะ. ถึงคราวที่กลายออกก็อาจทำให้สิ่งอื่นเคลื่อน
ไหวได้ เช่น คนยืนในรถยนต์หรือรถกระบะ หรือเข็นยานเขาส่งมีกำลังงาน กำลัง
งานที่ได้จากเหตุเคลื่อนไหว เราเรียกว่า กำลังงานจลน์. กำลังงานที่แฝงอยู่ใน
เหตุตามธรรมชาติทางเคมีหรือตามสภาพหรือฐานะ เราเรียกว่า กำลังงานศักย์.

ถ้าเราเอาก้อนอิฐขว้างมะม่วง ก้อนอิฐนั้นมีกำลังงานจลน์ แต่ลูกมะม่วง
ที่อยู่เหนือพื้นคนมีกำลังงานศักย์. สิ่งใดที่เรายกขึ้นเหนือพื้นแล้วปล่อยให้ตกลง สิ่ง
นั้นมีกำลังงานศักย์เพิ่มขึ้นตามสภาวะหรือฐานะ. เช่นคีมถ่วงของนาฬิกามีกำลังงาน
ศักย์จึงทำให้นาฬิกาเดินได้. น้ำมันปิโตรเลียม อาหาร ต่าง ๆ มีกำลังงานศักย์ตาม
ธรรมชาติแห่งเคมีอาจบันดาลความเคลื่อนไหวให้แก่สิ่งอื่นได้.

กำลังงานมีหลายรูปนอกจากกำลังงานศักย์และกำลังงานจลน์. ไฟฟ้า วิทยุ
แสง ความร้อน และอื่น ๆ อีกเป็นรูปต่าง ๆ แห่งกำลังงานทั้งสิ้น. อีกนัยหนึ่งเราอาจ
พูดว่า กำลังงาน คือ ความสามารถทำงาน.

๓. งาน (Work)

งาน คือผลคูณ แรง ทำให้สิ่งหนึ่งสิ่งใดเคลื่อนไหวในแนวของแรงนั้น. เช่น
เราผลักใบหนึ่งหนัก ๑๐ เป้าหนักจากเรือลงมาพนักคน. งานนั้นไปคือ = น้ำหนักของ

หีบ $\times$ ระยะที่เคลื่อน หรือเช่นม้าลากรถ งานที่มีจะทำ = น้ำหนัก $\times$ ระยะทาง
ที่มากี่เมตร. งาน = น้ำหนัก $\times$ ระยะที่เคลื่อน.

๕. กำลัง (Power)

ที่เราพอกันพล่อยๆว่า “๑ แรงม้า” นั้น ควรเรียกเสียใหม่ว่า “๑ กำลังม้า”
จึงจะเหมาะกับการเรียงศัพท์ของเรา. กำลัง ก็คือ อัตราของการทำงานนั่นเองโดย
ที่เราเอาเวลาเข้ามาก็คืออีก. ในงานเราพอดังน้ำหนัก $\times$ ระยะ. ถ้าเราคิด จำนวน
งานขึ้นไป ๑ วินาที เราได้ผลเป็น กำลัง. “๑ กำลังม้า” คือ งานเคลื่อน
น้ำหนัก ๓๓,๐๐๐ ฟุตปอนด์ใน ๑ นาที. หรือ ๕๕๐ ฟุตปอนด์ใน ๑ วินาที.
๑ ฟุตปอนด์คือหน่วยของงาน. ถ้าผู้ใดยกน้ำหนัก ๑ ปอนด์สูงขึ้นไป ๑ ฟุตตามแนวตั้ง
ผู้นั้นทำงาน ๑ ฟุตปอนด์.

เราจะได้เรียนถึงหน่วยและมาตราต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับแรง กำลังงาน งาน และ
กำลัง ในชั้นมัธยมปีที่ ๕ ต่อไป.

สังเขปความ

แรงคือกิริยาผลักดันหรือดึง. แรงแบ่งออกเป็น แรงกล้ามเนื้อ แรงถ่วง แรงแม่เหล็ก
แรงขั้วเหล็ก แรงเกาะกัน แรงเฉื่อย แรงยึดหยุ่น และแรงเช่นตริพัวแกตหรือแรง
เหวี่ยง. แรงต่างๆนี้เป็นแรงแห่งธรรมชาติ. ความเครียดคืออาการที่วัตถุถูก
แรงเปลี่ยนขนาดหรือรูป. ความเค้นคือแรงที่ทำให้เทหวัตถุเกิดความเครียด. ความ
เกร็งของเทหวัตถุคือความต้านทานความเครียด. ความเครียดย่อมเป็นปฏิภาคกับความ
เค้น. เจลนคือวิชาที่กล่าวถึงการเคลื่อนไหวด้วยแรง และสถิตคือวิชาที่กล่าวถึงความ
เครียดทางแรง. กำลังงานคือความสามารถทำงาน กำลังงานมี ๒ ชนิด คือ
กำลังงานเจลน และกำลังงานคัลลิก. งานคือผลงานของน้ำหนักกับระยะ. กำลัง
คือ ผลหารจากงานด้วยเวลา.

คำถาม

๑. ทำไมมนุษยจึงประเสริฐกว่าสัตว์ ?
๒. กำลังงานแปลว่าอะไร ?
๓. บ่อเกิดหรือโรงงานแห่งกำลังมีอะไรบ้าง ?
๔. ขอบอกประโยชน์และการไร้ประโยชน์ของการซักสี,
๕. เราทำงานได้อย่างไร ?
๖. คนอื่นหนัก ๑๕๐ เปานต์ ขึ้นต้นหมากสูง ๒๐ ฟุต เขาคงทำงานกี่ฟุตเปานต์ ? ขณะที่เขากำลังจะขึ้นเขามีกำลังงานเท่าไร ? พอลงขอกหมากแล้วเขามีกำลังงานเท่าไร ?



หมวด ๓

อากาศ และ น้ำ

บทที่ ๑๕

ความดันของอากาศ



รูปที่ ๒๐

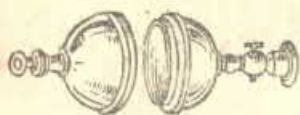
มนุษย์เรียนรู้ความดันของอากาศ

สมัยก่อน คนไทยมากยังไม่รู้สึกอำนาจแห่งความดันของอากาศนั้น. ครั้นเมื่ออากาศเคลื่อนที่เร็วขึ้น คนจึงรู้ว่ามันคือลม และรู้ว่าลมมีความดัน. เราารู้สึกความดันของอากาศได้ทีเดียวเมื่อเราเล่นว่าว. ถ้าลมไม่พัดมาในขณะนั้น เราเรียก “ผิวปากเรียกลม” บ้าง พ่อบอกว่า “พระพายเคยพัดมาด้วย...” บ้าง. มนุษย์รู้จักใช้ความดันของอากาศเคลื่อนไหวมาหลายพันปีแล้ว เช่นมนุษย์รู้จักเล่นใบเรือ, รู้จักทำกังหันหมุนระตืดเขาน้ำเข้านา มนุษย์กลัวพายุ รู้ว่าพายุมีแรงอาพัดบ้านเรือน อากาศดันไม้และอาจหอบนำทะเลขึ้นบนฟ้าได้.

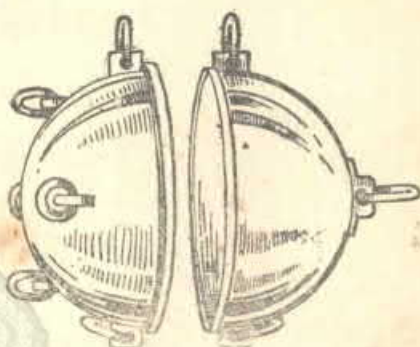
ถึงแม้คนไม่รู้สึกความดันของอากาศนั้น แต่รู้จักทำไซฟอน คือเครื่องมือถ่ายน้ำจากระดับสูงลงมาระดับต่ำ และรู้จักทำสับน้ำ ซึ่งใช้ความดันของอากาศนั้นมาหลายพันปีแล้วเหมือนกัน ดังจะได้อธิบายต่อไปในบทหลัง.

คนแรกที่ทำให้ความรู้เรื่อง ความดันแห่งอากาศแพร่หลายคือ ออโตโต ฟอน เกรวิกเค (ค.ศ. ๑๖๐๒—๑๖๘๖) ชาวเยอรมัน. ขณะที่เป็นเจ้าเมืองมักกาเบอร์ก เขาได้คิดทำลูกทองแดงกลมข้างในโป่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๒ นิ้ว

หนาพอประมาณ ประกอบกันเป็นสองฝาสนิททึบ. ฝาหนึ่งมีท่อสำหรับดูดลมออกได้
และทั้งสองฝามีห่วงเหล็กสำหรับแขวนติดกับรถ ๒๒ ก. เขาได้ลองสูบลมอากาศออก
จากลูกกลมแล้วให้สองคนก้มแยกออก แต่ก้มไม่ไหว.



ก



ข

รูปที่ ๒๒

การทดลองความดันของอากาศด้วยเครื่องมืออื่นประเภทนี้ ได้กระทำเข้าไป
ถึงพระเจ้าเฟรเดอริกแนกที่ ๑. ทั้งนี้ใน ค.ศ. ๑๖๕๑ พระองค์จึงรับสั่งให้ ฟอน
เกรวิกเค แสดงการทดลองให้ทอดพระเนตรในท่ามกลางประชาชน ที่ชายเขาแห่งเมือง
มัทคาเชอรุก ฟอนเกรวิกเค ได้จัดให้ม้าทั้ง สองตัวมาตั้งข้างละ ๔ คู่ จึงตั้งให้
หลุดออกจากกันได้. (ดูรูปที่ ๒๑) แต่ถ้าปล่อยให้อากาศเข้าไปในลูกกลม ฝากระ
หลุดจากกันเอง

การทดลองความดันของอากาศในห้องวิทยาศาสตร์ด้วยลูกเหล็กกลม (รูป
ที่ ๒๒ ข) ตามแบบ ซึ่งได้มีชื่อของเกรวิกเค ซึ่งเป็นผู้คิดขึ้นครั้งแรกคืออยู่ เช่น
เรียกลูกกลมนี้ว่า ลูกกลมเกรวิกเค หรือลูกกลมมัทคาเชอรุก (จากชื่อเมือง).
เกรวิกเคได้เผยแผ่ วิธีสูบลมอากาศ ที่คนสร้างขึ้น ให้เป็นประโยชน์ในวงการทดลอง
วิทยาศาสตร์ด้วย

ต่อไปนี้จะได้ทดลองความคันของอากาศ
เชิงได้

ด้วยเครื่องมือที่เรากำลังหาหา



ก



ข

รูปที่ ๒๓ อากาศคันบ่งชี้

๑. การป้องกันอากาศคัน

หากป้องกันน้ำมันขนาดหนึ่งแกลลอนเปล่าๆ มาใบหนึ่ง ตั้งรูปแสดง ดังให้
หมักเขื่อนน้ำมันเสียก่อน. เติมน้ำใส่ลงไปเล็กน้อย แล้วเขย่าจนเห็นน้ำใน
นั้นเดือด แล้วเติมน้ำฟุ้งขึ้นสักครึ่งหนึ่ง. ยกกระป๋องลง แล้วเอาผ้าปิด และขันสกรู
ให้แน่น (รูปที่ ๒๓ ก) เติมน้ำเย็นสักครึ่งหนึ่งวางลงบนกระป๋องนั้น. เราจะเห็น
ทันตาทีเดียวก็นั่น กระป๋องนั้นจะบวมไปทันทีเหมือนกับถูกทุบรอบข้าง. (รูปที่ ๒๓ ข)

ข้ออธิบายของ ๑

การป้องกันถูกคัน ถูกคัน รอยข้างด้วยความคันของอากาศ, เพราะครั้งแรก
เมื่อก่อนน้ำเดือด ความคันภายนอกและภายในกระป๋องเท่ากัน คือความคันของอากาศ
นั่นเอง. ครั้นขณะน้ำเดือด น้ำกลายเป็นไอ ขยายตัวเต็มกระป๋อง มีกำลังเท่ากับความคัน
ของอากาศ. ขณะนั้นไอน้ำเดือดได้ไล่อากาศออกแทบหมด. ครั้นเมื่อเรา
ปิดกระป๋องแล้วเติมน้ำเย็นวางลงไป ไอน้ำเดือด ในกระป๋องบีบอัด กลับ เป็นหยาก

น้ำ; ภายในกระป๋องจึงบังเกิด สุญญากาศ ขึ้น ซึ่งไม่มีความต้านทานความดันของ
อากาศภายนอก. ดังนั้น ความดันของอากาศภายนอกจึงดันกระป๋อง ยุบและบี
รอบข้าง,

๒. แก้วน้ำกับกระดาษ ปิด

หาถ้วยแก้วมาใบหนึ่ง ใส่น้ำให้เต็มเขยเม แล้วตัดกระดาษแข็งบาง ๆ วางแตะ
ลงบนปาก กดลงไปจนไม่มีฟองน้ำหลงอยู่ใต้กระดาษ. (ดูรูปที่ ๒๔ ก และ ข)
ควรวน ยก ถ้วยแก้ว ขึ้น แล้วจะตะแคง หรือ คว่ำ ถ้วย น้ำ ก็ จะ ไม่ ตก ออก มา จาก แก้ว
(ดูรูปที่ ๒๕ ก และ ง)



ข้ออธิบายของ ๒

ความดันของอากาศ กดกระดาษให้ติดอยู่กับน้ำขังปากแก้วไว้

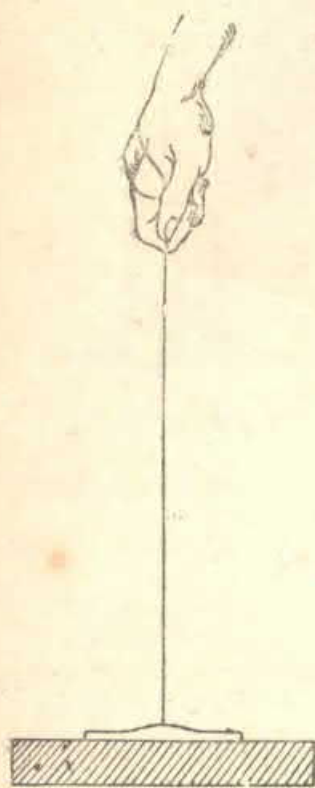
๓. หนังสือปิดหิน

หาหนังสือหรือแท่งหินมาแผ่นหนึ่ง. ตัดให้เป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง
ประมาณ ๖-๘ ซม. เจาะรูเล็กๆ ตรงกลางพอเส้นเชือกลอดได้. เอาหนังสือไป
แช่ในน้ำไว้สัก ๒-๓ คืนจนอ่อนนุ่ม, แล้วเอาเชือกร้อยและทิ้งให้ติดอยู่กับปาก
ปลายหนังสือ. นำหนังสือไปแตะเข้ากับกระเบื้องหน้าววแผ่นหนึ่งแล้วยกขึ้น ทุกรูป
ที่ ๒๕. เราจะแปลกใจมากที่เห็นว่า กระเบื้องหน้าววจะเกาะติดหนังสือตามมือเรา
ขึ้นมาด้วย.

ข้ออธิบายของ ๓

พองขึ้น หนึ่งแบนกลมอันนั้นกระโปงขึ้นตรงกลางนิดหน่อย ยังเกิด
สัญญาภาวขึ้นภายใน. ความดันของอากาศภายในไม่มี ความดันของอากาศภายใน
นอกเบื่องล่างจึงพองให้กระเบองตกลึงตามมือขึ้นมาด้วย.

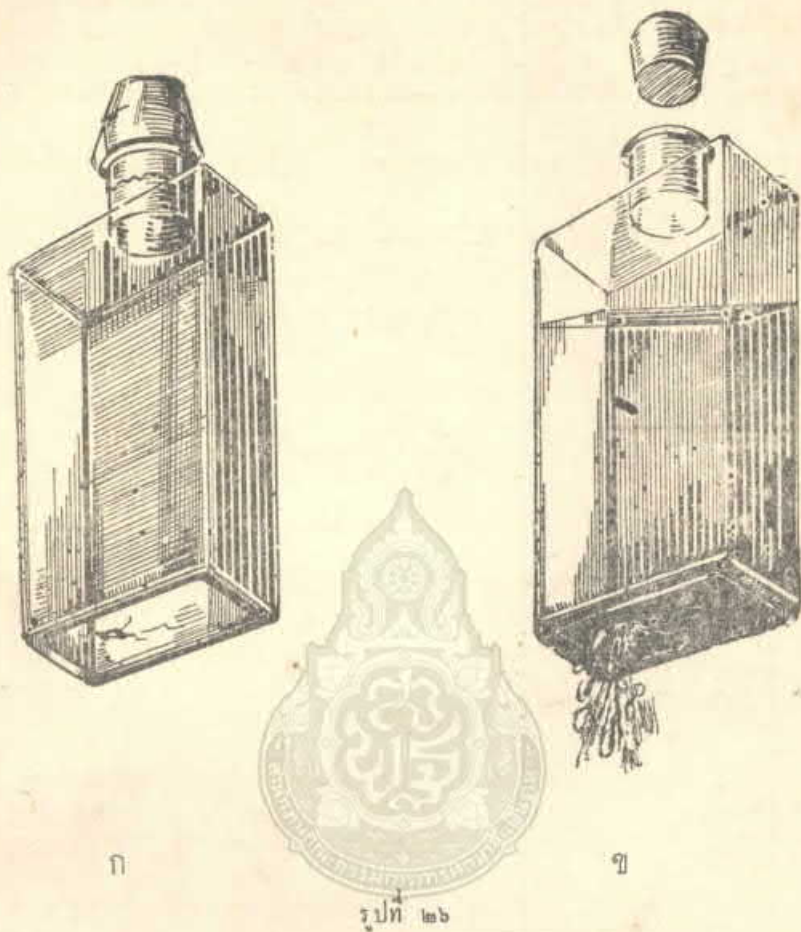
๔. ขวดน้ำอบร่ว (ก่อนข้างจะชุกจนล้นเล็กน้อย)



รูปที่ ๒๕

หาขวดน้ำอบมาใบหนึ่ง แล้วเจาะกันให้เป็นรู
เล็กๆ หนึ่งรูโดยเอาขวกแหลมลงในน้ำ แล้วเอาตาปู
ยาวๆ ทิ่มหนึ่งทิ่ม. การทำในน้ำเช่นนี้ช่วยให้ขวด
ไม่แตกง่าย และแก้วไม่กระเด็น คิดว่าลองเจาะใน
อากาศ. ข้างที่กว่าจะสำเร็จอาจต้องเสียขวด ๓-๔
ใบ. เมื่อเจาะเสร็จแล้วจึงเอาน้ำออกไว้ เติมน้ำใส่
ให้เต็ม แล้วเอาฝาปิดไว้อย่างเต็มแล้วเอาน้ำออก.
น้ำจะไม่ไหลออกมาจากรูเพราะอากาศดันน้ำขึ้นไว้ (ทั้ง
รูปที่ ๒๖ ก) จนกว่าจะปล่อยขวกอากาศก็ดันผิว
บนของน้ำ. นำขวดไปหลอกลเพื่อนๆ เล่นว่าเป็น
น้ำอบ และหลอกให้เข้ตลก. พอเขาปล่อยขวก น้ำ
ก็จะไหลออกทางรูเข้ตลกเพื่อนเสียเขา. (ทั้งรูป
ที่ ๒๖ ข)

ทั้งข้อความของการทดลองเล่นๆ ในข้อ ๑, ๒, ๓, เราจะเห็นว่า อากาศ
ไม่ได้ดันลงแต่อย่างเดียว; อากาศดันรอบข้าง ในยทต่อไปเรายังจะได้ฟังเรื่องความ
ดันของอากาศ และยังจะทดลองหามาตรฐานของความดันอีก.



สังเขปความ

อากาศชั้นที่๕และชั้นที่๖และชั้นที่๗. ฟอน เกรวิกเค ทดลองความดันของ
อากาศด้วยฝาลูกกลมทองแดงโปร่งข้างใน เมื่อสูบลมเข้าอากาศออกเสียงดังแล้วกว่าจะ
ถึงฝาลูกออกจากกันได้ต้องใช้ลม ๑๖ ตัวถึง

ฟอนเกรวิกเค อ่าน—ฟอน—เก—วิก—เก.

คำถาม

๑. โคมไฟฟ้าแตกกระเด็นกระจายออกหรือเปล่า ทำไม ?

๒. ใครมีเสียงระเบิดขึ้นในท่งหนึ่ง ออกท่งจงสะท้อนไปทั่ว ?
๓. เขามีอะไรยกกันแน่นแล้วทิ้งออก มีความรู้สึกอย่างไร ? ได้ยินอะไร ?
ทำไม ?
๔. นิ่งหลังรถวิ่งเร็ว ๆ กระทบตามทางไหน ? ทำไมใบไม้หรือฝุ่นจึงวิ่งตาม
รถวิ่งเร็ว ๆ ?

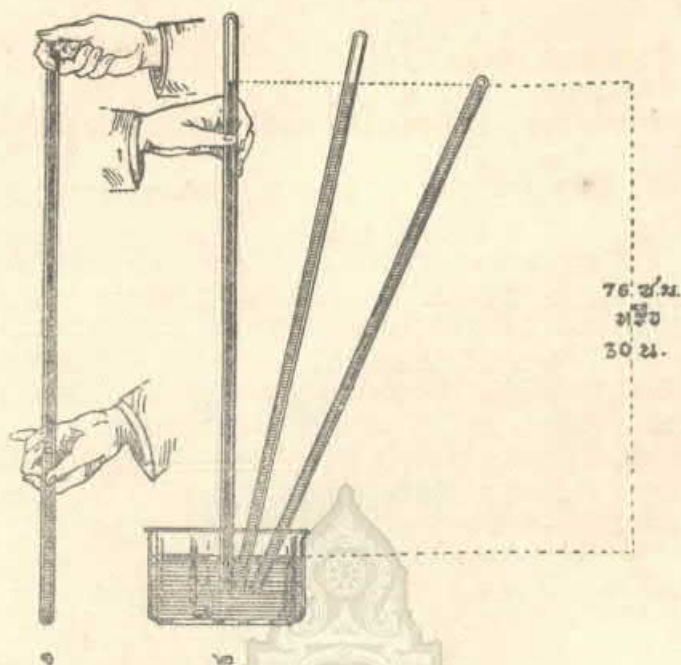


บทที่ ๑๖

ความฝันของอากาศ (ต่อ)

ทั้งได้กล่าวไว้แล้วในบทก่อน นักวิทยาศาสตร์และปราชญ์โบราณสองพันปี
ก่อนมาแล้วรู้ว่า อากาศมีน้ำหนักและมีความดัน แต่การค้นคว้าเทียบหาความดันให้
เป็นมาตรฐานนั้น พวกนักวิทยาศาสตร์ค้นไม่พบจนกระทั่งมาถึง ๓๐๐ ปีก่อนมา
แล้วเอง และก็พบโดยเฉื่อย ทั้งประวัติต่อไปนี้ :-

เจ้าแห่งแคว้น คัสกานี แห่งอิตาลี ประมาณ ค.ศ. ๑๖๔๐ ได้ดำริให้ชก
บ่อน้ำอากาศเพื่อการประปาในวังของพระองค์. คนงานก็ลงมือขุดจนลึกประมาณ ๔๐
ฟุตถึงระดับน้ำ. ครั้นแล้วก็ฝังท่อและสับน้ำขึ้น. แต่คนงานสับน้ำนานเท่าไร ๆ น้ำ
ก็ไม่ขึ้นสูงถึงระดับพนักปากบ่อ. ครั้นเมื่อสำรวจจนทั่วแล้ว ปรากฏว่าน้ำในท่อสับ
ขึ้นสูงเพียง ๓๔ ฟุตเท่านั้น. ทั้งนายช่างและเจ้าแห่งคัสกานีก็งุนงง. จึงตก
ลงกันนำปัญหาไปถามปราชญ์ กาลิเลโอ นักวิทยาศาสตร์ เมือง ฟลอเรนซ์ ซึ่งมี
ชื่อเสียงมาก. กาลิเลโอ ก็งุนงงไปอีก. ครั้นเมื่อ ค.ศ. ๑๖๔๑ คอรวีเชลล
ซึ่งเป็นศิษย์และเพื่อนของกาลิเลโอได้แวะมาเยี่ยมกาลิเลโอที่เมืองฟลอเรนซ์ กาลิ
เลโอจึงได้แสดงปัญหาสับน้ำอากาศให้ฟัง. คอรวีเชลลจึงอ้างว่า ที่น้ำขึ้นได้สูง
เพียง ๓๔ ฟุตก็เพราะน้ำหนักของน้ำในท่อ. ทาน้ำหนักความดันของอากาศ
บนผิวน้ำภายนอกพอดี. เขาชี้ให้กาลิเลโอเห็นว่า เพราะปรอทมีความถ่วงจำเพาะ
เป็น ๑๓.๖ เท่าของน้ำ. ถ้าเอาปรอทออกมาก็คงจะได้เช่นเดียวกันกับน้ำ. เขา
จึงวานเพื่อนคนหนึ่งให้ทำหลอดแก้วยาวประมาณ ๓ ฟุต ปลายข้างหนึ่งปิด แล้วเท
ปรอทลงให้เต็มหลอดเขานับนิ้วไว้. แล้วคว่ำลงไปด้วยปรอทให้ปลายทวนับนิ้ว ลง



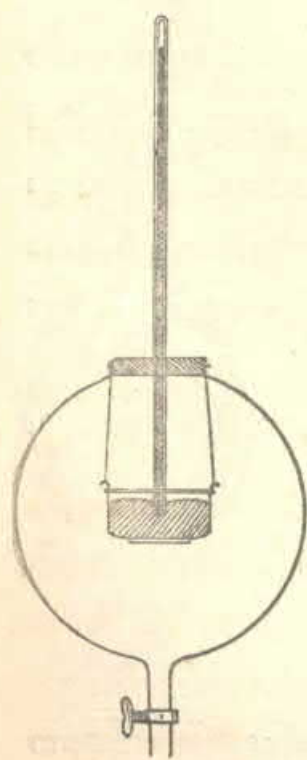
รูปที่ ๒๐๗

ได้ระดับปรอททั้งในทังนิ้วออก. ปรอทในหลอดกลดลงเล็กน้อย แล้วทรงตัวอยู่สูงเพียง ๓๐ นิ้วในทังตั้ง และถ้าเอินหลอดไปมา ปรอทก็ขึ้นบรรจส่วนว่างของหลอด รักษาแนวทังให้คงเป็น ๓๐ นิ้วเสมอ (รูปที่ ๒๐๗). “ทังว่าง” เหนือปรอทในหลอดนี้ แก้วนั้นคือ สุญญากาศ ที่ปราศจากอากาศเป็นทังอยู่ไวเมื่อสองพันปีก่อน.

ทอริเชลลี ได้แสดงให้กาลิเลโอเห็นว่า เมื่อปรอทหนักกว่าน้ำ ๑๓.๖ เท่า แล้ว ถ้าจะทำการทดลองด้วยน้ำ น้ำก็จะสูง ๑๓.๖×๓๐ นิ้ว หรือ ๓๔ ฟุต การทดลองนี้จึงแก้ปัญหาคือ น้ำหนักของอากาศที่สูงถึง ๒๐๐ ไมล์บนผิวปรอทหมดพินทุเท่ากับด้านสะกดของหลอดนั้น เท่ากับน้ำหนักของปรอท ๓๐ น. หรือ ๑๖ ซม. หรือเท่ากับน้ำหนักของน้ำสูง ๓๔ ฟุต ในหลอดชนิดเดียวกัน.

การทดลองเขาอย่างกันในพาณิชย์การ ก็เช่นเดียวกันกับการทดลองเขาอย่างกันในวิทยาการ. ต่อมาไม่ช้า พอ ปาสกาล นักวิทยาศาสตร์หนุ่มชาวฝรั่งเศส

ที่เมืองรูองัวราย ละเอียตผลสำเร็จของ คอรวีเซลลิเข้า ก็ยังเกิดมีไหวพริบขึ้น
 ปาสกาล ต้องการพิสูจน์ว่า ถ้ายังขึ้นไปในที่สูงความแน่นของอากาศเปลี่ยนจาก
 มากไปหาน้อย เขาจึงจัดทำหลอดแก้วเล็ก ๆ อันหนึ่งยาวประมาณ ๔ ฟุต ปลาย
 ข้างหนึ่งบก และปรอทด้วยหนึ่งแล้วบนขึ้นไปทดลองบนหอสูงยอดโบสถ์ของเมืองรูองัว
 ได้ผลดังคาดไว้ คือปรอทไม่สูงถึง ๓๐ นิ้วเท่าเดียว. แต่ถึงกระนั้น เขาก็ยังไม่พอ
 ใจ จึงได้เขียนความจำนงไปให้เพื่อนผู้หนึ่งที่อยู่เมืองชายเขาแห่งหนึ่งให้ทดลอง.
 เพื่อนผู้นั้นจึงได้ขึ้นไปบนยอดเขาสูงประมาณ ๔,๐๐๐ ฟุต แล้วทดลองความดันของอา
 กาศเป็นลำดับลงมา และได้ผลสมตฤษฎีของปาสกาลทุกประการ. สรุปความได้ว่า
 ปรอทลดลง ๑ นิ้วทุก ๑,๐๐๐ ฟุตจากพื้นดินระดับทะเลสูงขึ้นไป.



รูปที่ ๒๘

ผลสำเร็จ แห่ง การ ค้นคว้า ไม่ ได้ ยุติ ลง ที่ ปาสกาล
 เท่านั้น รอเบิร์ต บอยล์ (ค.ศ. ๑๖๒๗-๑๖๙๑) นัก
 วิทยาศาสตร์ ชาวอังกฤษ และ รอเบิร์ต ฮุก ผู้ช่วย ผู้
 มีฝีมือ ในการ ทำ เครื่องมือ ยัง ได้ เอา ผล สำเร็จ ของ
 คอรวีเซลลิ และ ปาสกาล มาเพิ่มเติม อีก รอเบิร์ต ได้
 ทำ เครื่อง สืบอากาศที่เขาเครื่อง ของ คอรวีเซลลิ หอยลงไป
 ได้ แล้วก็กลมออกตามความพอใจ ถึงรูปที่ ๒๘ และ
 ได้สังเกตการ ขึ้นลง ของ ปรอท กับ การแปรปรวน ของอากาศ
 เมื่อฝนตกเมื่อมีพายุ และเมื่อมีอากาศปลอดโปร่ง.

ครั้นเขาใช้ความพิจารณา ถัดวันแล้ว เขาจึงให้ชื่อ
 เครื่องมือนั้นว่า “บารอมิเตอร์” แปลว่า “ผู้วัดความหนัก”
 หมายถึงการวัดความดันของอากาศ.

ถ้าวันไหนหรือเวลาไหนปรอทในหลอดขึ้นสูงกว่า ๓๐ นิ้ว แสดงล่วงหน้าว่า
ท้องฟ้าจะโปร่ง ลมนิ่ง ถ้าปรอทตกลงต่ำกว่า ๓๐ นิ้ว แสดงว่า ฝนจะตก หรือ
พายุจะเกิด.

ตามแนววิทยาศาสตร์ เรายึดเอา ปรอทสูง ๓๐ นิ้ว หรือ ๗๖ ซม. เป็น
มาตรฐานความดันปรกติของอากาศ. ในเกณฑ์นี้ ปรอทในหลอดทอมพันทกานส์ก
๑ ซม.^๒. จะมีน้ำหนัก ๑,๐๓๓.๖ กรัม และตามระเบียบอังกฤษ ปรอทในหลอดทม
พันทกานส์ก ๑๒ นิ้วหนัก ๑๔.๗ เปาน์ด. ถ้าอยากรู้ว่าอากาศ กด บีบ กัน
บนตัวเราถึง ๒ ตันหรือไม่ ก็จงลองหาพื้นที่ผืนหนึ่งของร่างกายแล้วคูณด้วย ๑๔.๗
และหารเป็นตันก็จะได้ ๒,๒๔๐.

สังเกตความ

คอรวิเชลลี ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า น้ำหนักปรอทในหลอดสูง ๗๖ ซม. หรือ
๓๐ นิ้ว ด้านทานน้ำหนักความดันของอากาศภายนอกพอดี. ปาสกาล พิสูจน์การ
ทดลองของ คอรวิเชลลี แล้วชี้ให้เห็นว่า ความดันของอากาศลดลงเป็นอัตรา ๑ นิ้ว
ต่อ ๑,๐๐๐ ฟุต จากระดับน้ำทะเล. รอยเบเรกซ์ บอยล์ ใช้เครื่องทดลองของ คอรวิ
เชลลี เป็น บารอมิเตอร์ วัดการแปรปรวนของความดันและทำนายความเป็นไปของ
อากาศ.

ถ้าอากาศมีความดันสูงกว่าปรกติ แสดงว่าจะมีอากาศโปร่ง อากาศก็ ถ้าต่ำ
กว่าปรกติจะมีฝนหรือพายุ.

คำถาม

๑. จงเขียนเรื่องความดันของอากาศมาเรื่องหนึ่ง.
๒. ลูกฟุตบอลลมเต็มผัดคนยกลง ๑๒ นิ้ว มีความดันภายนอกเท่าไร?
๓. ยืนลมของเล่นที่ใช้ไม้คอรูกอนัน ยิงออกได้อย่างไร? เขียนรูปอธิบาย
ตามแต่จะได้.

บทที่ ๑๗

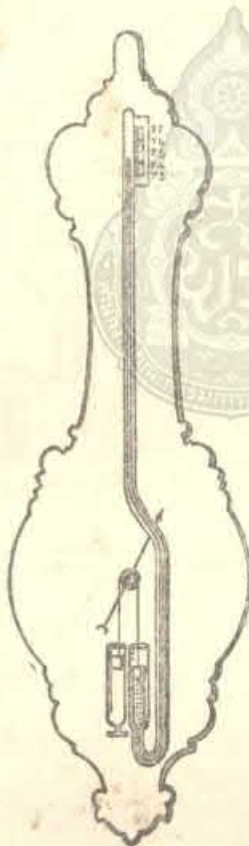
बारوميเตอร์ ดูบน้ำ ไฮฟอน

बारوميเตอร์ที่สุกสร้าง

รอเบอต์ ฮุก ผู้ช่วยของ รอเบอต์ บอยล์ เป็นช่างประณีต เครื่องมือมากกว่าช่างคิก (เราจึงจำไว้อีกด้วยว่า ฮุก เป็นผู้สร้างกลองเรลทิน). ครั้นเมื่อรู้หลักการสร้าง และประโยชน์ในการทำนายอากาศจากเครื่องมือที่ดอร์วิลเล็คคิกขึ้นแล้ว



หน้า



หลัง

ฮุก จึงคิกทำ बारوميเตอร์ โดยเพิ่มลูกรอกเล็ก ๆ และตุ้มขึ้น ถึงรูปที่ ๒๙ ต่อไป.

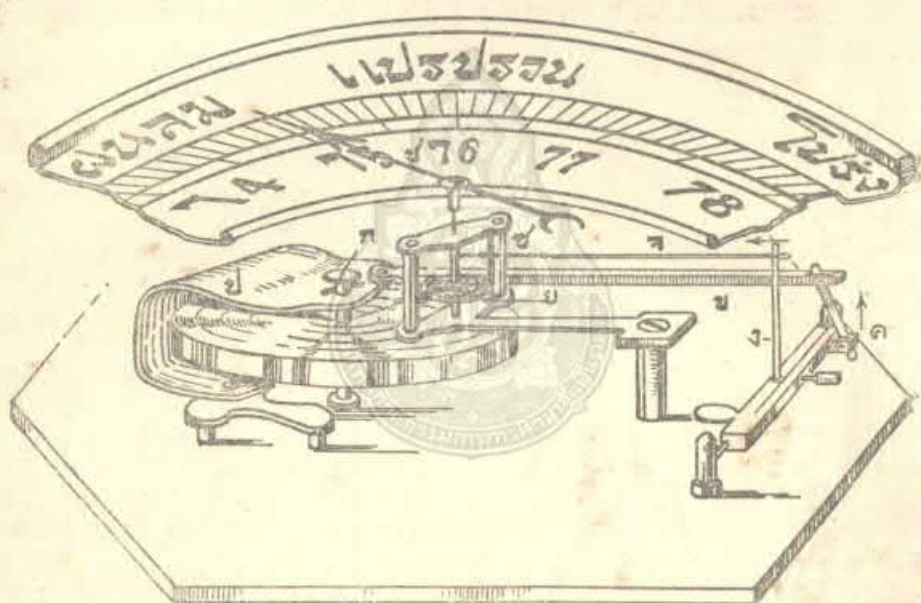
ฮุก ทำหลอดแก้วข ค่อย ๆ ขอบ ช่วงยาว มีปลายตัน ยาวประมาณ ๔๐ นิ้ว ช่วงสั้นเข้ มีปลาย โตเพื่อ ให้ สัก เกตระ กับ ปรอท สะควก. เมื่อ บรรจุ ปรอทลง ให้เต็ม แล้วตั้งขึ้นตามทิศตั้ง ระยะระหว่างระดับบนและล่างก็ คง เป็น ๓๐ นิ้ว ทั้งแบบเดิมของ ดอร์วิลเล็ค. เห็นอ ระดับบนเป็นสัญญาณอากาศ ระดับล่างสัมพันธ์กับความดัน ของ อากาศ ส่วนเพิ่มเติมคือ ลูกตุ้มสองลูก หนัก

เท่า ๆ กันห้อย พาด “ลูกรอก” ที่มีเชือกขึงรูด ลูกตุ้มลูกหนึ่งห้อยและอยู่
กับผิวหน้าปรอท อีกลูกหนึ่งห้อยอยู่ในหลอดแก้วเปล่าซึ่งทำไว้เพื่อยกขึ้นการแกว่ง.

เมื่ออากาศแปรปรวน ระดับน้ำของปรอทก็จะขึ้นหรือลง ลูกตุ้มก็จะเลื่อนและ
เมื่อลูกตุ้มเลื่อน ลูกรอกก็จะหมุนและเข็มจะหันตามไปด้วย.

อานีรอยคอบารอมิเตอร์

บารอมิเตอร์แบบนี้ไม่ใช่ของเหลว อานีรอยคอบาร์อมิเตอร์ แปลว่า “ไม้เขย่ง” รูปที่ ๓๐
ต่อไปนี้แสดงกลไกภายในของเครื่องมือ.



รูปที่ ๓๐

อานีรอยคอบารอมิเตอร์ ประกอบด้วยกลไกกลแบบ ทำด้วยวัสดุมีนิย่ม ข้าง
ในโปร่งไม่มีอากาศ คือ เป็นสุญญากาศ. กลไกมีหลักการวัดการแปรปรวนของ
ความดัน. ท่อนล่างของกลไกติดอยู่กับฐานเครื่อง. กลางฝาตัวกลไกตอนบนมี แกน “ก”
ติดอยู่กับแหวน สปริง “ป” “ป” ติดอยู่กับคัน “ข” ซึ่งมีข้อเสียดัก
อยู่กับ “ค” “ค” ติดอยู่กับ “ง” ด้วยข้อเสียดัก “ง” เป็นคันหมุนและติดกับ



รูปที่ ๓๑ อานีรอยด บารอมิเตอร์

ก็จะหันไปอีกทางหนึ่ง.

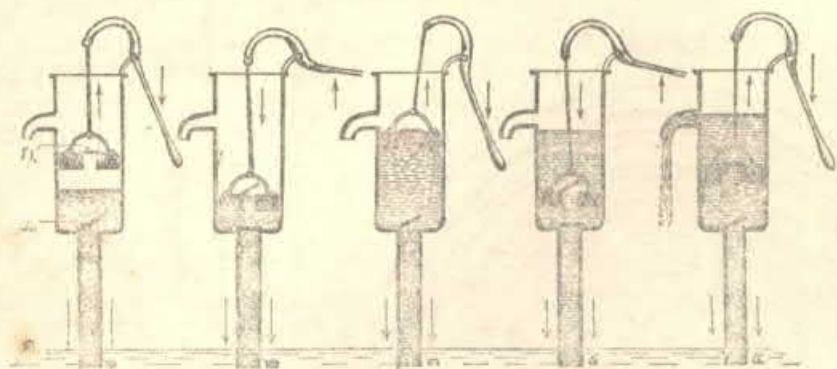
อานีรอยด บารอมิเตอร์ (ดังรูปที่ ๓๑) ให้ความสะดวกหลายประการ เพราะ
 ไม่ใช่ของเหลว. เราจะตั้งหรือแขวนไว้โดยไม่ต้องระวัง บารอมิเตอร์ ชนิดนี้ใช้เป็น
 เครื่องบอกความสูงในเรือเหาะด้วย. ผู้สร้างให้เข้าแบบนี้เป็นชาวฝรั่งเศสชื่อ วิกี
 ประมาณ ค.ศ. ๑๘๔๕. แต่บารอมิเตอร์ชนิดที่ใช้ความกดบนสัญญาณอากาศนี้ ได้มี
 คนคิดทำใช้มานานแล้ว

สุบนา

เครื่องสุบนาอากาศที่ใช้แรงโยกนั้นมิใช่กันทั้งแต่สมัยโบราณก่อนคนรู้จักคน
 สมบัติของความดันของอากาศ. รูปที่ ๓๒ ท่อโยนแสดงให้เห็นว่า น้ำถูก
 ดันขึ้นมาอย่างไร?

คาน “จ” ซึ่งมีไข่เล็ก ๆ ม้วน
 และ คลื่น ใต้ กล้วย กำลัง ของ สปริง
 โย “ ย ” ยัง กับ ให้ เข็ม ชี
 “ ช ” อยู่ กับ ที่.

เมื่ออากาศมีความดัน สูง
 กว่าปรกติ คลื่นจะถูกกดให้
 แบนลงเล็กน้อย. ข้อเสียหัว
 ท่อ ค-ง และ ง-จ จะเคลื่อน
 ตามลูก ชน. ช่วง ลูก ไข่ จะ
 ม้วน เข้า เข็ม “ ช ” จะ หมุน
 ชวน ตาม ทาง ลูก ชน. เมื่อ
 อากาศวิปริต ตรงกันข้าม เข็ม

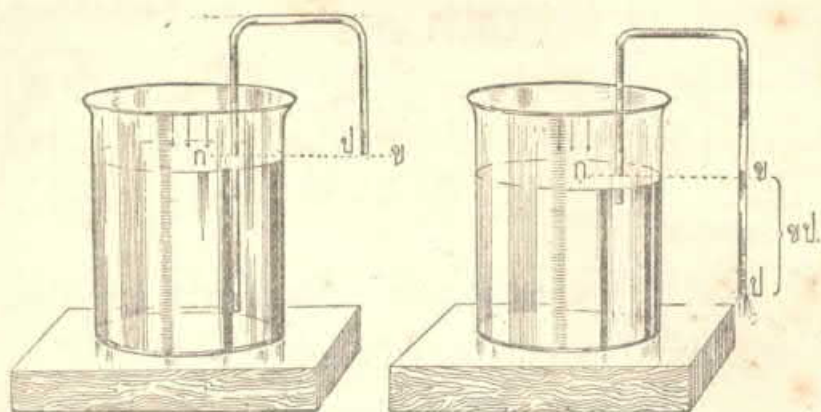


รูปที่ ๓๒ สูบน้ำบาดาล

“ก” และ “ข” คือดินเบคไปทางเดียวกัน. “ก” คืออยู่ที่ลึกลง,
 “ข” คืออยู่ที่ปากท่อภายใน. “ค” คือพุน้ำที่อยู่ในความดันของอากาศ. ก่อน
 รูป ๑ พอกกลูกสูบลง ดัน “ก” จะเบค ดัน “ข” จะบีบ. พอชักลูกสูบขึ้นถึง
 รูป ๑ ดัน “ก” จะบีบ อากาศระหว่าง ก ข จะวาง มีความดันน้อยกว่าอากาศ
 ภายนอก ฉะนั้นอากาศในท่อคือ “ข” จะดันให้ดัน “ข” เบค อากาศภายนอกจะ
 กันน้ำให้เข้ามาที่ช่องล่างของท่ออย่าง เพื่อให้ความดันภายนอกมีน้ำหนักเท่ากับน้ำในท่อ
 และอากาศที่เหลืออยู่ภายใน. ชักสูบ ๒ - ๓ หนน้ำก็จะค่อยๆ เบยมขึ้น ถึงรูป ๑.
 ในที่สุดระหว่าง “ก” และ “ข” เต็มไปด้วยน้ำ ถึงรูป ๒ และพอชักสูบขึ้น ถึง
 รูป ๓ น้ำจะตามขึ้นมา. รูป ๔ แสดงว่าลูกสูบลง ดัน “ก” เบคขึ้น ดัน “ข” บีบ
 เองโดยน้ำหนักของน้ำ. รูป ๕ แสดงลูกสูบยกขึ้นมาขึ้นเพราะดัน “ก” บีบ น้ำก็ไหล
 ออกทางปากท่อ.

ไซฟอน (กาลักน้ำ)

ไซฟอน ถึงรูปที่ ๓๓ คือเครื่องผ่อนแรงในการถ่ายน้ำโดยเอาท่อ กลวง ชัก
 น้ำให้ไหลผ่านจากระดับสูงมาสู่ระดับต่ำ มนุษย์รู้จักใช้ไซฟอน มาตั้งแต่สมัยก่อนแล้ว.



ก

รูปที่ ๓๓

ข

รูปที่ ๓๓ แสดงด้วยแก้วมีหลอดขยายหรือสายบัวม้วนอยู่. รูป ก แสดงปากหลอด “ป” ภายนอกเสมอกับระดับน้ำในแก้ว (ระดับ “ก-ข”). ในตำแหน่งนี้ น้ำตรงตัวอยู่เต็มส่วนโค้งของหลอด. ที่ “ก” อากาศดันให้น้ำเข้าหลอด, ที่ “ป” อากาศดันน้ำไหลจนกลับสู่ถ้วย. เมื่ออยู่ในระดับเดียวกันเช่นนี้ ความดันขึ้นกับกันลงก็เท่ากัน น้ำจึงไม่ไหลออกหรือเข้า. เมื่อทำให้ “ป” ทำดังรูป ข น้ำในถ้วยจะไหลออกทาง “ป” น้ำไหลออกจาก “ป” ก็เพราะในตำแหน่งนี้ความดันของอากาศที่ “ป” น้อยกว่าที่ “ก” โดยจำนวนน้ำหนักของน้ำในช่วงหลอด “ข-ป”.

คำถาม

๑. เปรียบเทียบการทำ บารอมิเตอร์ แบบของซุก.
๒. “ไฮโดร” ในวิชาภูมิศาสตร์ เกี่ยวกับบารอมิเตอร์อย่างไร ?
๓. ถ้าเราต้องการถ่ายน้ำจากที่สูงลงมาถึงต่ำ จะทำอย่างไร ?
๔. เปรียบเทียบถึงสูญน้ำ.

บทที่ ๑๘

อากาศกับมนุษย์

อากาศสำคัญแก่มนุษย์

เรากิน, นอน, นั่ง, เดิน, อยู่บนพื้นโลก ไม่ผิดแปลกกว่าปลาว่ายประเภทที่ว่ายไปมาอยู่บนมหาสมุทรลึก. เราอยู่บนมหาสมุทรแห่งอากาศ ที่ลึกประมาณ ๒๐๐ ไมล์. มหาสมุทรแห่งอากาศนี้ เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดแห่งพิภพของเรา. ในขณะปรกติ เราไม่ระลึกถึงคุณของอากาศเลย แต่ในขณะที่เราตกอยู่ในภัย เช่น ฝนน้ำหรือลี้ภัยควัน หรืออยู่ในที่ซึ่งมืดมิดเหม็น เราต้องกระสับกระส่ายหาอากาศหายใจจนสุดความสามารถ.

เราต้องมีอากาศหายใจทุก ๆ วินาที. เราขาดอาหารอื่น ๆ ได้หลาย ๆ วัน แต่เราจะขึ้นกลืนใจได้ ๑๐ นาทีก็ยังไม่ได้.

อากาศ และ การแปรปรวนของอากาศ เป็นผู้บัญญัติ ระเบียบแห่งชีวิต, ระเบียบแห่งกิจการ ชะนิกและปริมาณแห่งพืชที่เรเพาะปลูก, โรงงานและอุตสาหกรรมและชะนิกอาหารที่เรากิน, ชะนิกของบ้านช่อง และเครื่องแต่งกาย ให้แก่เรา. พุทรวมไว้ว่า อากาศบัญญัติชะนิกและชั้นแห่งอารยธรรมให้แก่มนุษย์ในภูมิภาคต่าง ๆ อากาศกันแสงแดดอันแก่กล้าไม่ให้เผาพิษกินให้ร้อนจัด, ใกล้เคียงให้อุณหภูมิของกลางวันและกลางคืนผกผันกันแต่เพียงเล็กน้อย.

อีกข้อหนึ่งที่น่าสนใจไม่เท่าใดโดยมาก คือ อากาศ เป็น “หลังคา” ปกป้องมนุษย์ให้รอดพ้นอันตรายจาก “ผู้พุ่งไต่” และ “ดาวร่วง”. ผู้พุ่งไต่และดาวร่วง คือ ก้อนหินแร่ระดมมีเหล็กปนอยู่เป็นจำนวนมาก และมีขนาดต่าง ๆ กัน เคลื่อนไหวอยู่ในอวกาศ. ครั้นก้อนหินแร่ผ่านเข้ามาใน น่านแห่งความถ่วงของโลก

ก็ถูกคุก ฟุ้งทรงลงมาสู่พื้นดิน. มหาสมุทรแห่งอากาศของเราที่ห่อหุ้มโลกอยู่ลึก
หรือหนาถึง ๒๐๐ ไมล์ ไต้ปะทะศัตรฺรเหล่านี้ไว้ก่อน และเผาสิ้นแร่ให้เป็นกาซก่อน
ตกลงมายังพื้นดิน. อากาศโลกใหม่เช่นนี้ปรากฏในท้องฟ้าทุกขณะแต่เราเห็นซึกเมื่อ
ตอนกลางคืนเท่านั้น. เราพากันเรียกว่า “ผู่ฟุ้งไต้”

ตามธรรมชาติแห่งการตก วัตถุทุกสิ่งเพิ่มความเร็วด้วย อัตราเร็ว อย่างหนึ่ง
คือระยะที่จะเพิ่มขึ้น ๓๒ ฟุตต่อวินาทีทุก ๆ วินาทีหลัง. เมื่อวัตถุเสียดสีกับอนุภาค
ของอากาศเร็วขึ้นทุกที ความร้อนก็เกิดและเพิ่มขึ้น. ในที่สุดวัตถุนั้นมีอุณหภูมิถึง
จุดละลาย และถึง จุดชวาล (จุดลุกไหม้). ออกซิเจนในอากาศก็ทำให้สิ้นแร่
ใหม่ กลายเป็นกาซไปหมด. แต่สิ้นแร่ก่อนใดที่ใหญ่อาจตกลงมายังพื้นโลกก่อน
ใหม่หมด, อาจผลาญชีวิตมนุษย์, ทำลายบ้านเมือง, ทำให้เกิดแผ่นดินถล่ม
ร้ายแรงยิ่งกว่าลูกกระเบิด. สิ้นแร่ชนิดนั้นเราเรียกว่า “การว่อง”

ถึงกระนั้นก็ตาม โลกยังมี “ของกายสิทธิ์” อย่างหนึ่ง คือ การมีสภาพ
เหมือนแม่เหล็ก, มีขั้วเหนือและขั้วใต้ปรากฏอากาศเป็นแม่เหล็ก อยู่ใกล้ ๆ ขั้วเหนือ
ขั้วใต้ของโลก. ดังนั้นโลกจึงได้ดึงดูดการว่องตกลงมาตามแถบขั้วโลก ซึ่งไม่มี
มนุษย์อาศัย บัลดหลาย ๆ หนี่งนั้น.

บางครั้งเราคิดว่าอากาศหนัก บางครั้งก็เบา

ในบทที่ ๘ เราได้เห็นแล้วว่า อากาศมีน้ำหนัก ซึ่งเราสามารถชั่งได้ แต่
เราหาหนักถึงไม่ว่าเราต้องคำนวณน้ำหนักของอากาศที่ห่อหุ้มเราอยู่รอบ ๆ ข้างทุกขณะ
เมื่อเราล่าว “สิ่งนี้เบา” เรามักเข้าใจว่ามันเบากว่าอีกสิ่งหนึ่ง. เช่นเคยกับกับ
เมื่อเราพูดว่า “สิ่งนี้ร่อย” “สิ่งนี้หอม” เป็นต้น. เราต้องนึกเทียบกับสิ่งอื่น.
ตามความจริงอากาศหนักกว่ากาซอื่น ๆ อีกหลายอย่าง มีละอองกับสิ่งสกปรกด้วย
กาซบางอย่างจะลอยได้หรือไม่ ? ถ้าเราจะคำนวณน้ำหนักของอากาศหอบเราอยู่ทุก

ขณะแล้ว เราจะประหลาดใจมากกว่า เราแข็งแรงเพียงใด ที่ต้านทานความดันไว้ถึง ๒ ตัน.

เมื่อความดันทั้ง ๒ ตัน กด บีบ และ ดัน เราไว้ โคนเราจึงเคลื่อนไหวได้สะดวก ไม่รู้สึกเจ็บปวดเลยเล่า. ที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะอากาศไม่ได้ กด บีบ และ ดัน เราฝ่ายเดียว. เราทั้งสองรู้ ความกด บีบ ดัน ของอากาศ ด้วยความดันประมาณ ๒ ตันเหมือนกัน. มีฉะนั้นเราก็จะรู้สึกผล คือ ถ้าอากาศกดเรามากไป เราทั้งสองรู้สึกเมื่อย อ่อนเพลีย หรือ บ๊อบบี้ ทั้งกระป๋อง (รูปที่ ๒๓ ข บทที่ ๑๕) ถ้าอากาศกดเราน้อยไป ร่างกายเราต้องพองออก ถึงแม้เราเข้าลึกไปยัง และถ้าอากาศกดเราน้อยลง ๆ เราก็จะพองขึ้น ๆ จนระเบิด.

การฝ่าฝืนกฎแห่งธรรมชาติ

กฎแห่งธรรมชาติไม่ยอมให้ผู้ใดฝ่าฝืน และถ้าผู้ใดขึ้นละเมิดกฎนั้น ธรรมชาติก็ลงโทษมากและน้อยตามส่วน. เมื่อเราเคยชินกับระดับ “ก้นมหาสมุทร” แล้ว เปลี่ยนระดับไปอยู่ในที่สูง มีความดันของอากาศน้อยลง อากาศที่ละลายอยู่ในเลือดก็จะพองตัว. เราจะรู้สึกมัน เลือดขึ้นหน้า เย็นลม หรืออย่างน้อย แสบตา แสบจมูก และปวดหู. นักบินและนักไต่เขาสูง ๆ จะได้รับความรู้สึกราวนี้มาแล้ว ถ้าเปลี่ยนระดับไปอยู่ให้ต่ำลงอีก เช่นลงไปใต้ม่านหิน หรือทะเลลึก ๆ เราจะรู้สึกกระปรกระเปร่าอยู่พักหนึ่ง แต่เมื่อขึ้นมาแล้ว เราจะรู้สึกเพลีย ปวดกล้ามเนื้อและข้อทั่วทั้งกาย พวกกรรมกรขุดรากสะพานชนิด “แคสสอง” เช่น สะพานพระพุทธยอดฟ้า เมื่อทำงาน ๔-๕ ชั่วโมงก็เหนื่อยแล้ว ต้องขึ้นมาพักหลาย ๆ วัน. บางคนก็ได้รับความบอบเจ็บถึงตายก็มี.

ความดันของอากาศตามระดับต่าง ๆ นั้นยังบัญญัติ จุดเกิดแก่แห่งของเหลว ให้ต่างกันอีก. ถ้าเราคมนาฬาระดับทะเล น้ำจะเกิดเมื่ออุณหภูมิถึง ๑๐๐° ซ. ซึ่ง

เราเรียกว่า จุดเดือดของน้ำ. แต่ถ้าเราต้มให้น้ำนอยกเขาสูง น้ำจะเดือดก่อน อุณหภูมิถึง 100° ซ. ในบทหลังที่กล่าวถึงมาตรฐานแห่งความดันของอากาศ เราจะได้เรียนให้ละเอียดยิ่งขึ้น.

สังเขปความ

อากาศห่อหุ้มโลกเล็กน้อยหนาประมาณ ๒๐๐ ไมล์. อากาศเป็นผู้บัญญัติชนิดและชั้นแห่งอารยธรรมให้แก่มนุษย์ในภูมิภาคต่าง ๆ อากาศเป็นหลังคา โถง เกลี่ยอุณหภูมิของกลางวันและกลางคืนให้เย็นกัน แสงความร้อนและแสงของแดดไว้ข้างก่อนถึงพื้นดิน. อากาศช่วยทำให้ดาวว่วงใหม่ได้ไปตามทางก่อนหล่นลงมายังพื้นดิน อากาศที่พื้นเราอยู่เทียบด้วยน้ำหนักประมาณ ๒ ตัน.

ชั้นที่สูงจะรู้สึกมัน เพราะอากาศในเล็ทพองออก. ถึงที่ถ้าจะรู้สึกกระปรี้กระเปร่าแต่จะให้โทษภายหลัง เพราะร่างกายต้องทำงานน้ำหนักความดันของอากาศมากกว่าปรกติ.

ต้มน้ำให้เดือดบนพื้นดินที่ระดับทะเลได้อุณหภูมิ 100° ซ; แต่บนยอดเขาจะไ้ก่อุณหภูมิต่ำกว่า 100° ซ. เพราะความดันของอากาศน้อยลง.

คำถาม

๑. คนจำพวกไหนที่ชำนาญการทำนายอากาศแปรปรวนของอากาศ?
๒. ประคาน้ำ คำน้ำไ้ก่ นานประมาณเท่าไร? คนเหล่านี้มีเหตุใหม่?
๓. ลองนึกว่าถ้าเราขึ้นขั้วโลก เราจะรู้สึกอย่างไร?
๔. อารยธรรมในแถบไหนถ้าวหนา มาก จงหาเหตุที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติ.

บทที่ ๑๙

น้ำ

ความสำคัญของน้ำต่อชีวิต

โลกที่เราอาศัยอยู่นี้ มีธรรมชาติคือมีน้ำ พื้นโลกประกอบด้วยมหาสมุทร
ตามในสัดส่วน นอกนั้นแล้ว ยังมีน้ำอยู่บนบก ในทะเลสาบ หนอง แม่น้ำ และลำธาร
บนผืนดิน น้ำจึงเป็นสารที่รู้จักกันดี น้ำเป็นสารที่หาเป็นยิ่งต่อชีวิตเพียงไรขางนั้น
พอจะคำนึงได้เมื่อนึกถึงคนขาวในนาถต้องการน้ำเพื่อหล่อเลี้ยงตน คนไม้และพันธุ์ผัก
ต่าง ๆ ก็ต้องการน้ำเพื่อหล่อเลี้ยงอยู่ทางรากเช่นเดียวกัน น้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ใน
ร่างกายของมนุษย์และสัตว์เป็นจำนวนมาก เท่าที่ใดที่ตรวจดูในตัวเรานั้น มีน้ำประกอบ
อยู่ราวร้อยละ ๗๐ นอกนั้นแล้วอวัยวะในร่างกายยังต้องการน้ำ เพื่อไปปฏิบัติหน้าที่
ในการดำรงชีวิตของร่างกายอยู่.

ดวงจันทร์ เป็นเพียงส่วนหนึ่งของโลกเราซึ่งแตกแยกออกไป เวลาที่ปราศจาก
น้ำที่เคยมีอยู่ และเท่าที่รู้กันเวลานี้ พระจันทร์นั้น ปราศจากชีวิตใดๆ ทั้งสิ้น
เป็นโลกที่ตายแล้ว โลกเราถ้าปราศจากน้ำเช่นดวงจันทร์แล้ว ชีวิตทั้งมวลจะอด
เหี่ยวแห้งไปหมดสิ้นเช่นเดียวกัน.

สมบัติของน้ำ

น้ำเมื่อมีอยู่เป็นจำนวนมากๆ เป็นของเหลวที่ใส ไม่มีสี แต่ถ้าน้ำลงไปในถัง
ลึกๆ ที่มีน้ำอยู่มาก จะเห็นเขตนํ้าเงินอ่อน ๆ น้ำก็ไม่มีรส และไม่มีกลิ่น น้ำ
ที่บริสุทธิ์จะแข็งตัวเป็นน้ำแข็ง ที่อุณหภูมิ ๐° ย่นมาตราส่วนเซ็นต์เกเรด (ซ.) และ
หลอมตัวจะเกิดถึงที่อุณหภูมิ ๑๐๐° ซ. จุดแข็งตัว ๐° และจุดเดือด ๑๐๐° นเป็น
สมบัติของน้ำโดยเฉพาะ ถ้าของเหลวใด ไรสี ไรกลิ่น และ ไรรส เมื่อเย็นลงแข็ง

ตัว ที่ ๐° ซ. และเมื่อต้มเดือดที่ ๑๐๐° ซ. เราบรู้ว่า ของเหล่านี้น้ำโดยแน่นอน เพราะของเหล่านี้น้ำไม่ประกอบกับยวดยิ่งที่เหล่านี้นอกนั้นแล้ว หนึ่งลูกยวดยิ่งเช่นคีมเตอร์ (๑ ล. บ. ซม.) ของอุณหภูมิ ๔° ซ. จะมีน้ำหนัก ๑ กรัม ฉะนั้นปริมาตรของน้ำ เมื่อตัวเป็น ๑๐๐° ซม. จะเท่ากับน้ำหนัก เมื่อซึ่งเป็นกรัม.

น้ำจะหา "บริสุทธิ์แท้" นั้น หาไม่ได้ ข้อนี้นั้นด้วยเหตุว่า น้ำมีสภาพ ละลายสารได้มากชนิดด้วยกัน ฉะนั้นตามปรกติ จึงหาน้ำที่บริสุทธิ์แท้ไม่ได้ น้ำมี สภาพละลายสาร (ของแข็ง, ของเหลว, และก๊าซ) ได้มากชนิดที่สุดในจำพวก ของเหลวด้วยกัน เกิดจากความบริสุทธิ์ของน้ำนั้น แล้วแต่ความต้องการที่จะใช้น้ำ เพื่อประโยชน์อย่างไร น้ำดื่ม, น้ำอาบ, และน้ำใช้ผสมยา ย่อมต้องการความบริสุทธิ์ ต่างกันไป.

อากาศและก๊าซโดยทั่วไป เท่าที่ใดเห็นได้ชัด อีกตัวลงได้เป็นอย่างดี แต่น้ำ และของเหลวอื่น ๆ อีกตัวลงก็ไม่ได้เสียเลย หรืออีกนัยหนึ่ง ไม่ยอมถูกลบ แต่จริง เราคิดน้ำโดยง่ายเกินไป.

น้ำยา

เมื่อเอาสารละลายเข้าในของเหลว. ของเหลวใหม่ที่เกิดขึ้นนั้น เรียกว่า น้ำยา เช่นเมื่อเอาน้ำตาลละลายในน้ำ ของเหลวที่ใดเมื่อละลายแล้วเป็น น้ำยาของ น้ำตาลในน้ำ น้ำตาลเชื่อมจึงเป็นน้ำยาอย่างหนึ่ง และน้ำเกลือเป็นน้ำยาอีกอย่างหนึ่ง น้ำยาอย่างอื่นต่างออกไป ทำให้ได้โดยเอาสารต่าง ๆ เช่น สารส้ม, คีเกลือ, กิน ประสิริ ละลายเข้าในน้ำ ไซหรือขผึ้งที่ไซทำเทียนไข เมื่อลงละลายในน้ำ จะ เห็นว่าไม่ละลาย.

สารส้ม, เกลือ, คีเกลือ และน้ำตาลนั้น เข้าใจกันว่า ละลายได้ ในน้ำ ส่วนไขและขผึ้งนั้นต่างออกไป คือ ละลายไม่ได้ในน้ำ หรือทำน้ำยากับน้ำไม่ได้ แต่

ไขเทียนละลายได้ในน้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันก๊าด เมื่อเอาไขละลายในน้ำมันเบนซิน จะได้น้ำยาของไขในน้ำมันเบนซิน จึงเห็นได้ว่า น้ำยาคามธรรมาคมอยู่ ๒ ภาค คือ ของเหลวที่เป็นตัวการละลายสารหนึ่งกับตัวสารที่ถูกละลายหนึ่ง ของเหลวนั้นเรียกว่า ตัวทำละลาย และสารที่ละลายเข้าไปเรียกว่า ตัวถูกละลาย.

ตัวทำละลาย + ตัวถูกละลาย —————> น้ำยา

ในตัวอย่างที่บอกกล่าวแล้ว น้ำและน้ำมันเบนซิน เป็นตัวทำละลาย ส่วนน้ำตาล, เกลือ, สารส้ม และไขเป็นตัวถูกละลาย.

สารหนึ่งสารใดจะละลายในของเหลวชนิดใดชนิดหนึ่งหรือไม่นั้น เราจะขอไขข้อสงสัยของละลายว่า สารนั้นหายเข้าไปในของเหลวหรือไม่ ถ้าหายเข้าไป เป็นอันว่า สารนั้นละลายได้ในของเหลวนั้น.

การระเหยน้ำยา

เมื่อเอาน้ำยาของเกลือหรือ “น้ำเกลือ” มาเคี่ยว น้ำยานั้นระเหิด น้ำจะระเหยหรือกลายเป็นไอน้ำเข้าไปในอากาศ ผลที่ได้คือน้ำจะงวดไป เหลือเกลือเป็นกากแห้งกรังอยู่กับภาชนะ ถ้าใช้น้ำทะเลแล้วระเหยในทำนองเดียวกัน จะเห็นว่า น้ำทะเลนั้นมีสารละลายอยู่มาก ส่วนมากของสารที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลนั้น เป็นเกลือ ในประเทศเราและในประเทศอื่น การทำนาเกลือใช้วิธีคือน้ำทะเลเข้าในนา แล้วปล่อยให้ระเหยไปโดยใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ น้ำในนาเกลือจะไม่ถึงกับเดือด แต่จะระเหยงวดไปในที่สุด เกลือจับกันเป็นเกลือเม็ด หรือเกลือสมุทรที่ใช้กิน.

น้ำขุ่น

น้ำยาที่บอกกล่าวแล้วมีลักษณะโปร่งใส และมีสมบัติที่สม่ำเสมอทั่วถึง ของแข็งบางชนิดที่ละลายไม่ได้ในน้ำ เมื่อปนอยู่กับน้ำ จะค้างอยู่ในของเหลวนั้น ของเหลวที่ใส เรียกว่า น้ำขุ่น เมื่อทงน้ำขุ่นไว้ ผลสุดท้ายของแข็งนั้นจะตกนอนก้น เรียกว่า

ตะกอน วิชาการ เมฆของแข็งนอนกันโดยที่ไม่ละลายในของเหลวนั้น เรียกว่า
การตกตะกอน

น้ำนมและน้ำขาวนั้นเป็นประเภทของน้ำขุ่นที่ต่างออกไป.

สังเกตความ

๑. น้ำ เป็นสิ่งสำคัญต่อชีวิต.
๒. น้ำเป็นของเหลวที่ไม่มีสี (ถ้าเป็นจำนวนมากมีสีน้ำเงินอ่อน) เมื่อต้มจะ
เกิด เมฆอุณหภูมิ ๑๐๐ องศา. และแข็งตัว เมฆอุณหภูมิ ๐ องศา.
๓. ด.บ. ช.ม. ของน้ำในอุณหภูมิ ๔ องศา. มีน้ำหนัก ๑ กรัม ตามธรรมชาติ
ถ้าจะใช้ ๑ ด.บ. ช.ม. ของน้ำในอุณหภูมิใดๆหนัก ๑ กรัม ก็พอใช้ได้.
๓. เมฆสารละลายไปในของเหลว ของเหลวใหม่ที่ได้ เรียกว่า น้ำยา น้ำ
ยาประกอบด้วยสองภาค คือ ตัวถูกละลาย หรือสารที่ละลายเข้าไป และตัวทำละลาย
หรือของเหลวที่เป็นตัวการที่ละลายสาร.
๔. น้ำเป็นตัวทำละลายที่ปกติในจำพวกของเหลว.
๕. น้ำยา เมฆระเหยไป ระเหยตัวถูกละลายเป็นกาฬเหลือไว้.
๖. สารที่ไม่ละลายในของเหลว จะตกตะกอนลงนอนกัน.

คำถาม

๑. น้ำยา คืออะไร? อธิบายและยกตัวอย่างประกอบคำอธิบาย.
๒. จงให้ลักษณะของน้ำยาเท่าที่สังเกตได้จากน้ำเกลือมา ๓ ข้อ.
๓. น้ำนมและน้ำขาว เป็นน้ำยาหรือไม่? ให้เหตุผลด้วย.
๔. เมื่อเอาน้ำตาลใส่ลงในน้ำชา เหตุไรจึงต้องคนน้ำชานั้น การคนมีความ
ประสงค์อย่างไร?
๕. ถ้ามีของเหลวใส และไม่มีสีบรรจุอยู่ในแก้วใบหนึ่ง ทำอย่างไรจึงจะ
พิสูจน์ได้ว่า ของเหลวนี้เป็นน้ำยาหรือไม่?

บทที่ ๒๐

น้ำธรรมชาติ

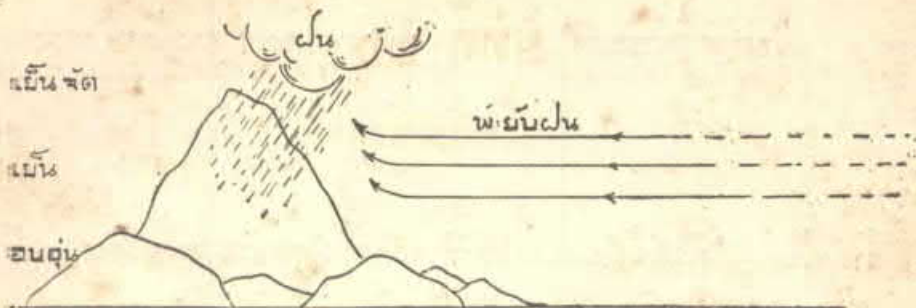
ชนิดของน้ำตามธรรมชาติ

น้ำที่มีอยู่โดยเกิดตามธรรมชาติ เรียกว่า น้ำธรรมชาติ น้ำธรรมชาติจะนิย
ตว่า (๑) น้ำทะเล (๒) น้ำท่า (๓) น้ำแร่ต่างๆ (๔) น้ำพุและ
น้ำบาดาล (๕) น้ำฝน น้ำธรรมชาติทุกชนิดมีสารเป็นโทษละลายอยู่หลายอย่าง
สารที่ละลายอยู่มากหรือน้อย แล้วแต่ชนิดของน้ำ ทำให้สมบัติของน้ำธรรมชาติ
ต่างกันไป.

น้ำฝน

น้ำธรรมชาติที่เรียกว่าบริสุทธิ์ที่สุดที่หาได้นั้น ได้แก่ น้ำฝน ซึ่งมีอากาศ
จำนวนเล็กน้อยละลายเข้าไปในเวลาที่ฝนตกลงมา น้ำฝนที่รองรับได้กลางแจ้งใน
ชนบทนั้น บริสุทธิ์เทียบได้เท่ากับน้ำกลั่นไว้อย่างดี ในบริเวณใกล้ทะเล น้ำฝน
มีเกลือเจือปนอยู่บ้าง ยิ่งในเมืองแล้ว น้ำฝนจะพาเอาฝุ่น ละออง เขม่า และสาร
อื่นๆ ที่มีอยู่ในอากาศมารวมด้วย.

ธรรมชาติกลั่นน้ำฝนโดยแสงแดดกระเหยน้ำในทะเล แม่น้ำ หนอง บึง และขี้
น้ำจากพื้นดินที่ชื้นแฉะ ขึ้นเป็นไอน้ำลอยไปในอากาศ เมื่ออากาศที่ชื้นถึงลมพัดพา
ไปในตอนที่ยืน ไอน้ำจะจับตัวลงเป็นหยกน้ำ ตกลงยังพื้นดินอีกครั้งหนึ่ง ในลักษณะ
ที่เรียกว่า ฝน เมฆที่ลอยล่องอยู่บนท้องฟ้า หากใช้เป็นไอน้ำที่รวมกันเป็นกลุ่มๆ ไม่
แต่ประกอบด้วยหยกน้ำขนาดเล็ก ซึ่งยังเบาเกินที่จะตกลงมาได้ เมื่อหยกเหล่านี้
รวมเข้าเป็นหยกขนาดใหญ่ขึ้น จึงกลายเป็นพระขรรค์ฝน ถึงรูปที่ ๓๔.



รูปที่ ๓๔ ฝนตกในแถบภูเขา

ในแถบที่มีภูเขาสูงมาก ลมพัดพาอากาศที่ชื้น เมื่อมาปะทะกับเชิงเขา ก็กลั่นเป็น
 เมฆขึ้นสูง ซึ่งเมฆที่ขึ้นสูงนั้นก็กลายเป็นน้ำฝนตกลงมาบนยอดเขาและบน
 ขอนเขาเห็นได้จากยอดเขาสูงที่มีหมอกปกคลุมอยู่ตลอดเวลา เช่นภูเขาหิมาลัย ฉะนั้น
 เมื่อลมพัดพาเอาไอน้ำมากลั่นบนในแหล่งที่เย็น ไอน้ำจะกลั่นตัวลงตกเป็นน้ำฝน

น้ำฝนที่ตกลงมาส่วนหนึ่งนั้น จะไหลบ่าไปบนพื้นดิน บ่อ ลำธาร แม่น้ำ และ
 ทะเลเป็น น้ำบนผิวพื้นโลก อีกส่วนหนึ่งจะระเหยไปโดยความร้อนจากดวงอาทิตย์
 เป็นไอน้ำไปในอากาศ นอกนั้นจะซึมลงไปใต้ดินถึงหินผาบาดาล จนในที่สุดถึงพื้นหิน
 และหินบาดาลซึ่งน้ำจะซึมต่อไปอีกไม่ได้ ส่วนนี้ของน้ำฝน ได้ให้กำเนิดน้ำพุและน้ำบาดาล
 เมื่อน้ำฝนที่ซึมต่อไปไม่ได้ตกอยู่ในแอ่ง น้ำจะเอ่อขึ้นจนล้น รอยแอ่งจะมีน้ำพุเกิดขึ้น
 ถ้าเมื่อเจาะพื้นดินลงไปจะพบน้ำไหลมาที่เรียกกันว่า "ตาน้ำ" ถ้าลักษณะของพื้นดิน
 เป็นที่ลาดเท น้ำจะไหล จนในที่สุดได้ช่องออก เป็นน้ำพุจากพื้นดิน

น้ำพุและน้ำบาดาล

ตลอดระยะเวลาที่น้ำไหลผ่านลงใต้ดินจากพื้นดิน จนถึงคอนที่ซึมต่อไปไม่ได้อีก
 น้ำฝนนั้นจะละลายสารหลายชนิดตามดิน เพราะฉะนั้นน้ำจะไม่บริสุทธิ์เช่นของเดิม
 แต่ถึงกระนั้นก็ตาม น้ำพุและน้ำบาดาลตามแหล่งที่ตกๆนั้น ใช้ดื่มได้ โดยไม่มีภัยจาก

เชอโรค เนื่องจากที่นาขมลงไป หินทรายและกรวดกระเด็นหรือกรวดเชอโรค
ออกเสีย.

น้ำท่า

น้ำท่านั้น ใต้น้ำในแม่น้ำและลำคลองซึ่งไหลเข้ามาบนพื้นดิน น้ำท่าจึง
ประกอบด้วยสารต่างๆ ละลายอยู่ แล้วแต่ละชนิดของพื้นดินที่น้ำไหลผ่านมา น้ำใน
แม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านพื้นที่ดิน จึงมีดินละลายอยู่มาก เป็นน้ำโคลนมีสีเหลืองๆ
ยิ่งในฤดูฝนตกชุก น้ำในแม่น้ำลำคลองจะขุ่นผิดปกติ เนื่องจากน้ำฝนช่วยชะพื้นดิน
และเลนตามข้างฝั่งพาลงมากด้วย น้ำในแม่น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ดินหินและทราย จะมี
ลักษณะใส นอกจากนั้นแล้ว น้ำในลำแม่น้ำ ลำคลอง ยังจะใช้สำหรับระบายของ
โสโครกมาจากที่ต่าง ๆ เช่นจากส้วม มสฝอย และท่อระบายน้ำ ฉะนั้น น้ำท่าจึงเป็น
น้ำที่ไม่ควรอย่างยิ่ง ที่จะใช้เป็นน้ำดื่ม นอกจากจะได้นำไปขจัดเสียก่อน

น้ำทะเล

ทะเลและมหาสมุทรเป็นแหล่งรวมของน้ำที่ไหลอยู่บนพื้นโลกทั้งสิ้น น้ำทะเล
เป็นน้ำที่มรสุมขึ้นและเค็มไม่นำดื่ม ถ้าใช้ดื่มจะทำให้มีอาการอาเจียน คลื่นไส้ และ
ทำให้ขาดน้ำได้ น้ำทะเลประกอบด้วยเกลือธรรมดาเป็นส่วนมาก ใน ๑ ลิตรของ
น้ำทะเลเมื่อระเหยแล้ว จะได้กากตะกอนอยู่ราว ๓๕ กรัม และในจำนวนนี้ มีเกลือ
อยู่ราว ๒๕ กรัม.

น้ำแร่

น้ำแร่คือน้ำที่ไต่จากน้ำพวยแห่ง มีแร่และก๊าซต่างๆ ละลายอยู่ เช่น น้ำแร่
เหล็กและน้ำแร่กำมะถัน เป็นต้น น้ำแร่ที่เกิดขึ้นในคำยลต่างๆ ในประเทศเรา มีที่
บางพระในจังหวัดชลบุรี ในจังหวัดตราด ปราจีนบุรี ราชบุรี กำยลไทรโยค จังหวัด

จากงานบุรี และในภาคพายัพอีกหลายแห่ง น้ำแร่มักใช้ดื่มเป็นยารักษาโรคต่าง ๆ เช่นปวดตามข้อ ท้องเสีย เป็นต้น.

น้ำกระด้างและน้ำอ่อน

น้ำบางชนิดเมื่อใช้กับสระบูไม่ใคร่เกิดเป็นฟองขึ้น น้ำชนิดนี้เรียกกันว่า น้ำกระด้าง น้ำที่กระด้างนั้น เนื่องจากมีสารบางชนิดละลายอยู่มากในน้ำนั้น น้ำกระด้างใช้ซักและซักฟอกไม่ได้ดี เมื่อใช้แล้วแทนที่ระไค้ฟองสระบู จะเกิดเป็นผาสะบูลอยอยู่ ถ้าจะใช้สระบูฟอกไปเรื่อย ๆ ในที่สุดระไค้ฟอง แต่ช้ามากและเปลืองสระบู น้ำที่มีสารละลายอยู่น้อย เช่นน้ำฝน ทำสระบูให้เป็นฟองได้ง่าย เรียกว่า น้ำอ่อน น้ำกระด้างเป็นน้ำไม่เหมาะที่จะใช้ในหม้อต้มและเครื่องต้มน้ำ เพราะจะทำให้เกิดตะกรันขึ้น ทำให้ท่อส่งไอน้ำตัน และหม้อน้ำแตกได้.

สังเขปความ

๑. น้ำที่บริสุทธิ์ที่สุดตามธรรมชาติ คือ น้ำฝน น้ำอย่างอื่นนั้น มีสารต่าง ๆ ละลายอยู่มาก และบางอย่างมีกาละลายอยู่ด้วย.

๒. น้ำธรรมชาติที่สำคัญ มี น้ำทะเล น้ำฝน น้ำพุ น้ำท่า และน้ำแร่ชนิดต่าง ๆ.

๓. น้ำยาตาลจากแหล่งที่ลึกพอจะใช้เป็นน้ำดื่มได้ โดยมากไม่มีเชื้อโรค เนื่องจากทรายกรวด ฯลฯ กรองและกั้นเอาเชื้อโรคไว้ในเวลาที่น้ำนั้นซึมผ่านไป.

๔. น้ำที่ทำให้สระบูเป็นฟองได้ยาก เรียกว่า น้ำกระด้าง อาการกระด้างของน้ำนั้นเนื่องจากมีสารบางชนิดละลายอยู่ในน้ำนั้น น้ำที่ทำสระบูให้เป็นฟองได้ง่าย เช่นน้ำฝนเรียกว่าน้ำอ่อน.

คำถาม

๑. น้ำตามธรรมชาติมีอะไรบ้าง อย่างไรบ้าง และวิธีที่ถูกต้องกว่ากัน อธิบายว่า เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ?
๒. น้ำขุ่นปนดินโคลนกับน้ำชนิดใดบ้าง และต่างกับน้ำชนิดอื่นอย่างไร ?
๓. น้ำกระด้างนั้น หมายความว่าอะไร? น้ำกระด้างเหตุใดจึงจัดเป็นน้ำที่ไม่เหมาะสำหรับ (ก) ชักฟอก. (ข) ใช้ในหม้อต้มน้ำ.
๔. เรื่องความเร่งรีบ "การหมุนเวียนของน้ำตามธรรมชาติ"



หมวด ๔

ความร้อนและแสง

บทที่ ๒๑

ความร้อน

ความร้อนได้จากไหน

ในสมัยโบราณหลายพันปีมาแล้ว มนุษย์รู้จักแต่เพียงดวงอาทิตย์ ตั้งเคียว
เท่านั้นให้ความร้อน ต่อมาความจำเป็นบังคับให้มนุษย์รู้จักวิธีทำให้เกิดไฟ เป็นต้น
ว่า ไม้สองท่อนเสียดกัน ไม้เหล็กตีหินเหล็กไฟ ตลอดจนประทุษไม้ขีดไฟขึ้นใช้
ซึ่งโดยมากก็ตลอดหลักการขัดสีทำให้เกิดไฟ วัตถุประสัศกทำให้เกิดไฟ ก็คือต้อง
การใช้ความร้อนและแสงสว่างจากไฟทั้งสิ้น นอกจากวิธีดังกล่าวแล้ว เรายังสามารถ
หาความร้อนอันเกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้า ให้เคลื่อนผ่าน ไป ใน โลหะ ที่มี ความ คำน
ทานสูง ปฏิกริยาทางเคมีก็ทำให้เกิดความร้อนได้เหมือนกัน.

ความหมายของความร้อน

ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เราจำเป็นต้องเข้าใจที่จะต้องทราบความหมายอัน
แท้จริงของความร้อน หรืออีกนัยหนึ่ง ต้องทราบว่าความร้อนคืออะไร ก่อนที่เราจะ
ตกลงใจว่าความร้อนคืออะไร ลองให้เราจินตนาการถึงวัตถุที่กำลังเตรียมจะ
เคลื่อนออกจากสถานที่ เราจะแลเห็นเตาไฟ หม้อน้ำต้มด้วยเหล็กหนา มีลวด มีเพลลา
และส่วนประกอบต่าง ๆ จะแลเห็นไอน้ำพุ่งออกมาข้าง ๆ ตัววัตถุที่ส่งเสียงดัง เมื่อ
คนช้ำเขี่ยวัตถุจากที่สัญญาณรถออก ก็มีไอน้ำพุ่งออกอย่างแรงที่หัวรถ และเมื่อคนช้ำ
เขี่ยเครื่องบังคับไอน้ำ รถก็ค่อย ๆ แล่นออกจากสถานี อะไรทำให้หัวรถดัง อะไรทำให้
รถไฟแล่นไปได้ เราจะเห็นได้ชัดว่าความดันของไอน้ำซึ่งเกิดจากน้ำเดือดภายในหม้อ

น้ำมันเอง และอะไรเล่าที่ทำให้หน้าเกิดค แรกจะตอบได้ทันทีว่าความร้อนที่ได้จากเตาไฟ ถ้าไม่มีไฟต้มน้ำให้เกิด ไอน้ำก็ไม่เกิด ล้อก็ไม่มีการทำงาน ทวีรจักรก็ไม่ทำการฉุดลากรถไฟ ทั้งนี้เราเห็นได้ว่าความร้อนเป็น กำลังงาน ชนิดหนึ่ง กำลังงานยังมีชนิดอื่น ๆ อีก ซึ่งมีได้เกิดจากการใช้ความร้อน เป็นต้นว่า กระแสไฟฟ้าจากกลเขาคีสามารถหมุนเครื่องจักรให้ทำงานได้เหมือนกัน.

ความร้อนทำให้อนุภาคหรืออนุเคลื่อนไหว

เราทราบแล้วว่า ความร้อนเป็นกำลังงาน และกำลังงานที่มีในวัตถุโดยอ้อมเกิดขึ้นโดยการไหวตัวของอนุภาคหรืออนุของวัตถุนั้น ๆ อนุของของแข็งอัดแน่น ไม่เคลื่อนที่ แต่อยู่ในอาการกระไหวตัวได้ เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น การสั่นสะเทือนไหวตัวของอนุก็มีมากขึ้น สำหรับของเหลวอนุมีความสั่นสะเทือนมากเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น และอาจทำให้เกิดกระแสเคลื่อนที่จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของของเหลวได้ สำหรับก๊าซการเคลื่อนไหวของอนุมีมากอยู่แล้ว เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มเติม การเคลื่อนไหวก็ยังมีมากขึ้น อนุต่างกัวยวชนกันบ้าง กระแทกกับภาชนะที่ห่อหุ้มภาชนะบ้าง ทำให้เกิดความเบ่งตัวเพิ่มขึ้น.

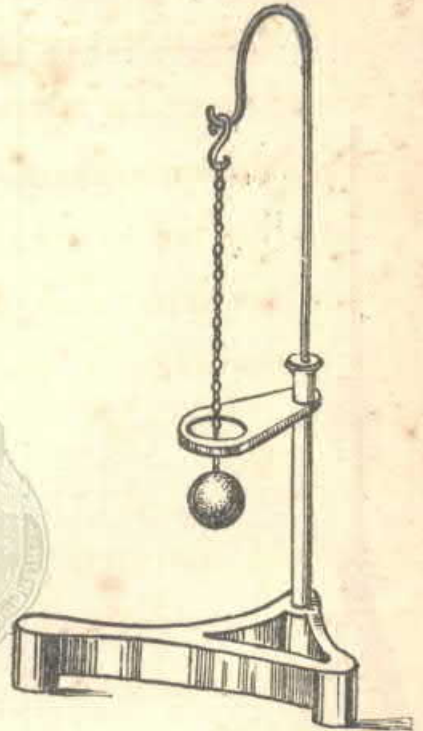
ความร้อนทำให้เกิดการขยายตัวและการระเหย

เกือบจะกล่าวได้ว่าวัตถุใด ๆ จะเป็นวัตถุแข็งก็วัตถุเหลวก็ หรือก๊าซก็ เมื่อได้รับความร้อนย่อมขยายตัวพอใดชน น้ำอย่างเดียวกันจะเปลี่ยนอุณหภูมิจาก ๐° ซ ถึง ๔° ซ กลับหืดตัว เราอาจทำการทดลองและตรวจดูด้วยตนเองได้ดังต่อไปนี้.

ก. ของแข็งขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน จักหาวงแหวนทองเหลืองและลูกตุ้มทองเหลืองทรงกลมซึ่งมีขนาดโตพอจะลอดวงแหวนได้สะดวกในเวลาปรกติ. (รูปที่ ๓๕) ลอดเอาลูกตุ้มทองเหลืองเผาไฟให้ร้อนจัด แล้วนำมาวางลงบนวงแหวนนี้ ลูกตุ้มจะวางค้างอยู่บนวงแหวนแทนที่จะลัดลงไปในวงแหวนดังคราวแรก แต่ถ้า

ปล่อยให้ไวกว้างขึ้นลงสักครู่หนึ่ง ลูกตุ้มทรงกลมนี้จะหยุดตัวเข้าที่เดิม และระลอก
วงแหวนลงไปได้.

ข. ของเหลวขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน
จัดหาขวดแก้วที่มีรูไม้คอรุกซุกและมีหลอดแก้ว
ปลายกลวงทั้งสองข้างสอดทะลุรูไม้คอรุกนั้น
เอาน้ำที่สะอาดใส่ลงในขวดแก้วจนเต็ม เอา
รูไม้คอรุกที่มีหลอดแก้วสอดอยู่ซุก น้ำในขวด
ถูกขยับกวักกระเทือนขึ้นมาในหลอดแก้วบ้าง ให้
สังเกตระดับน้ำในหลอดแก้วไว้ ลองเอาเปลวไฟ
อ่อนๆ เช่นเปลวไฟเทียนสนตามผิวขวดแก้ว
สักครู่หนึ่ง แล้วสังเกตระดับน้ำในหลอดแก้ว
อีก คราวนี้เราจะเห็นว่าระดับน้ำลดลงกว่าเดิม
ทั้งนี้เนื่องจากขวดแก้วได้รับความร้อนขยายตัวไวก
ซึ่กว่าเดิม เมื่ออุณหภูมิต่อไปอีกน้ำก็จะสูงขึ้น



รูปที่ ๓๕

ทุกที นี่แสดงให้เห็นว่า น้ำเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นย่อมพองตัว ขยายปริมาตร
ไวกว่าเดิม ของเหลวอื่นๆ ก็อาจะทดลองให้เห็นได้โดยลักษณะเดียวกัน รูปที่ ๓๖.

ค. อากาศขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน. อากาศเมื่อได้รับความร้อนก็ขยาย
ตัวเช่นเดียวกับของแข็งและของเหลว เราจะทดลองด้วยวิธีง่าย ๆ ได้ดังต่อไปนี้
รูปที่ ๓๗.

จัดหาขวดแก้วพร้อมด้วยรูไม้คอรุกและหลอดแก้วดังเช่นที่ทดลอง ในเรื่อง การขยายตัว

ของของเหลว จึงคว่ำขวดแก้วให้ปลายหลอดแก้วจุ่มลงไปใต้น้ำในอ่างแก้วใบหนึ่ง
อากาศภายในขวดแก้วเมื่อไคร่ด้วยความร้อนจะขยายตัวออกนอกขวดแก้ว โดยหนีออก
ทางปลายหลอดแก้ว ซึ่งจุ่มอยู่ในน้ำ และอากาศนั้นจะหนีขึ้นมาชนพื้นน้ำโดยลักษณะ
เป็นฟองแหวกน้ำขึ้นมาซึ่งสังเกตเห็นได้โดยง่าย.



รูปที่ ๓๖



รูปที่ ๓๗

สำหรับของเหลวเมื่อไคร่ด้วยความร้อนนอกจากขยายตัวแล้วยังกลายเป็นไอได้ด้วย
และการกลายเป็นไอจะขึ้นไปได้โดยเร็วหรือช้าก็แล้วแต่จำนวนความร้อนหรืออุณหภูมิ
ที่เรานำไปใช้ที่ของเหลวนั้นๆ มากหรือน้อย การกลายเป็นไอที่สังเกตเห็นได้ง่าย
ที่สุดก็คือ เมื่อเราค้มของเหลวนั้น นอกจากนั้นของเหลวยังกลายเป็นก๊าซโดยการระเหย
เองก็ไม่ต้องเค็มความร้อนก็เห็นได้ง่ายๆ เช่นเอาน้ำใส่อ่างหรือชามไปวางไว้ในห้อง
ที่มืดมืดๆ นานๆ เข้าน้ำนั้นจะแห้งหมดไป นั่นคือน้ำระเหยไปในอากาศนั่นเอง.

สังเขปความ

๑. ความร้อนได้จากทฤษฎีจลน์ ไฟ และปฏิกิริยาทางเคมี.
๒. ความร้อนเป็นกำลังงานชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการ ไหว่ ตัว ของ อนุภาค ของ วัตถุ นั้น ๆ.
๓. ความร้อนทำให้ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ขยายตัว.
๔. น้ำในบางขณะไม่ขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนเพิ่ม.

คำถาม

๑. อะไรเป็นบ่อเกิดของความร้อน.
๒. จงแสดงวิธีทดลองให้เห็นว่า น้ำเมื่อถูกความร้อนพองตัวขึ้น.
๓. ทำไมการวางรางรถไฟจึงต้องให้หัวต่อระหว่างราง ๒ ท่อนห่างกัน พอสมควร.
๔. ทำไมภาชนะแก้วที่ใช้ใส่น้ำร้อนจึงทำด้วยแก้วบางโดยมาก.
๕. จงแสดงให้เห็นว่า กำลังงาน (energy) ของน้ำตก สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นความร้อนได้.

บทที่ ๒๒

ความร้อนและอุณหภูมิ

อุณหภูมิ

ในบทที่แล้วมา เราได้เรียนรู้ว่า ความร้อนคือกำลังงานชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประกอบการงานต่างๆ ได้ ต่อไปเราจะได้กล่าวถึงเรื่องอุณหภูมิซึ่งเป็นหัวข้อสำคัญอีกอันหนึ่งในวิชาความร้อน.

อุณหภูมิก็คือระดับของความร้อนในตัวใดตัวหนึ่ง และระดับความร้อนนี้จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้. ถ้าวัตถุหนึ่งมีระดับความร้อนสูงหรือต่ำกว่าระดับความร้อนของวัตถุอีกอันหนึ่งซึ่งติดอยู่ข้างเคียงกัน ระดับความร้อนหรืออุณหภูมินักเป็นเช่นเดียวกับระดับความสูงของน้ำซึ่งพยายามที่จะเฉลี่ยให้ระดับน้ำเสมอเท่าๆ กันทุกแห่ง ถ้าวัตถุชิ้นหนึ่งมีระดับความร้อนสูงกว่าระดับความร้อนของวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง เมื่อวางอยู่ข้างเคียงกันหรือติดต่อกันหรือปะปนกัน ระดับความร้อนจะถ่ายเทให้กันจนกว่าจะเป็นระดับเดียวกัน วัตถุที่มีระดับความร้อนสูงย่อมคายความร้อนให้แก่วัตถุที่มีระดับความร้อนต่ำ และวัตถุที่มีระดับความร้อนต่ำย่อมเป็นผูรับความร้อนนั้นมา เมื่อใดที่ระดับความร้อนของวัตถุทั้งสองนั้นเท่ากัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างกันก็หยุดชะงักทันที ระดับความร้อนสูงที่สุดในวัตถุชิ้นหนึ่ง ไม่ได้หมายความว่า วัตถุชิ้นนั้นมีจำนวนความร้อนมากกว่าจำนวนความร้อนรวมในวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง ซึ่งมีระดับความร้อนต่ำ ถ้าเสมอไป. สิ่งที่เราเปรียบเทียบให้เห็นได้ง่ายก็คือระดับน้ำในขวดแก้วใบหนึ่งอาจจะสูงกว่าระดับน้ำในถังใหญ่ก็ได้ แต่จำนวนน้ำที่มในขวดแก้วนั้นน้อยกว่าจำนวนน้ำในถังมากนัก.

การวัดอุณหภูมิ

เมื่อใดที่ทราบแล้วว่าอุณหภูมิก็คือระดับความร้อน ย่อมมีความสูงต่ำแล้วแต่ความ

ร้อนทมิในวัด ก็กลัวคือกลัววัดได้รับความร้อนมาก อุณหภูมิก็ขึ้นสูง ถ้าวัดนั้น
 คายความร้อนออก อุณหภูมิก็ย่อมลดต่ำลง นักเช่นเดียวกันกับระดับน้ำในขวดแก้ว
 เมื่อเราเพิ่มน้ำเข้าหรือถ่ายน้ำออก ระดับของน้ำก็ย่อมเปลี่ยนแปลงไป ช่างแลเห็น
 ภัยพิบัติเปล่าได้ทันที แต่อุณหภูมิต่างกับระดับของน้ำคืออุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงระดับ
 อย่างไรเท่าไร เราไม่สามารถมองเห็นได้ จริงอยู่เราอาจจะรู้สึกด้วยการสัมผัส
 เช่นใช้มือของเราไปจับวัตถุชิ้นนั้นๆ ทุกๆครั้งรู้ได้ว่าความร้อนมากหรือน้อย แต่ความ
 รู้สึกนั้นบอกให้เราทราบไม่ได้ว่าร้อนแค่ไหน ยิ่งกว่านั้นมือเรายังบอกระดับความร้อนที่
 ไม่นั่นร้อนด้วย เช่นเราไปจับเหล็กชิ้นหนึ่งรู้สึกว่าย่น พอไปจับไม้อีกชิ้นหนึ่งซึ่งวาง
 อยู่ใกล้ๆ นั้น ในเวลาใกล้กันก็รู้สึกว่าร้อน ซึ่งทั้งจริงทั้งเหล็กและไม่ต่างอยู่ใกล้กัน
 ในอุณหภูมิอันเดียวกัน และเวลาเดียวกัน ย่อมมีระดับความร้อนหรืออุณหภูมิเท่ากัน
 เมื่อเป็นเช่นนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่แน่นอนขึ้น การสร้างเครื่องมือ
 วัดอุณหภูมินี้ เขาอาศัยหลักการขยายตัวของวัตถุเป็นเกณฑ์ เครื่องมือที่สร้างขึ้น
 เรียกว่าเทอร์โมมิเตอร์.

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เราได้ทราบมาแล้วว่าวัตถุทุกชนิดเมื่อถูกความร้อนย่อมเกิดการขยายตัวหรือ
 พองตัว วัตถุแข็งเช่นเส้นลวดเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มก็ขยายตัวออกเช่นกัน แต่การ
 ขยายตัวนั้นเป็นส่วนน้อยจนสังเกตเห็นได้ยาก ยิ่งวัตถุแข็งชิ้นนั้นสั้นและเล็ก การ
 ขยายตัวก็ยิ่งน้อยลงตามส่วน ดังนั้นวัตถุแข็งจึงไม่มีใครเหมาะแก่การใช้เป็นเครื่องมือ
 วัดอุณหภูมิหรือเทอร์โมมิเตอร์นัก เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดนี้เขาใช้วัตถุที่ขยายตัว
 มากๆ เช่นปรอทหรือแอลกอฮอล์ ซึ่งเพียงแค่นี้ก็ให้ความร้อนเล็กน้อย ก็ขยายตัวได้มาก
 มาก เมื่อพูดถึงการขยายตัวแล้ว อากาศเป็นวัตถุที่ขยายตัวได้มากกว่าวัตถุในลักษณะ
 แข็งหรือเหลวซึ่งน่าจะเหมาะแก่การที่จะนำมาใช้ทำเครื่องมือวัดอุณหภูมิได้ หาก

เครื่องประกอบไม้กระติ้วและไม้สรวก แก่ การ เคลื่อนที่ ไปมา ดังนั้นเครื่อง
 วิทยุอุดมภูมิชนิดนี้จึงไม่แพร่หลายนัก.

รวมความว่าเครื่องวิทยุอุดมภูมิชนิดที่ใช้วัตถุเหลวเป็นเหมาะที่สุด ในระดับ
 ความร้อนธรรมดา เครื่องวิทยุอุดมภูมิชนิดนี้ทำงานได้ผลดีและแน่นอนมาก มีปัญหา
 ต่อไปว่า ในจำพวกวัตถุเหลวทั้งหลาย อะไรบ้างที่เหมาะสมแก่การนำมาทำเครื่องมือวิทยุ
 อุดมภูมิ ข้อนี้อาจตอบได้โดยง่ายในเมื่อเราทราบว่าวัตถุเหลวชนิดใดบ้างที่มีความดัน
 ตัวเร็วและขยายตัวได้มาก ซึ่งได้แก่ปรอทหรือแอลกอฮอล์ และเครื่องวิทยุอุดมภูมิ
 ชนิดที่ใช้ปรอทใช้กันแพร่หลายที่สุด.

เครื่องวิทยุอุดมภูมิที่ใช้ แอลกอฮอล์ เหมาะแก่ การวัด ความร้อน ที่ต่ำกว่าระดับ
 ความร้อนธรรมดา และเครื่องวิทยุอุดมภูมิชนิดที่ใช้ปรอทเหมาะแก่การวัดความร้อนที่
 สูงกว่าระดับความร้อนธรรมดา ทั้งนี้เพราะว่าแอลกอฮอล์แข็งช้ากว่าปรอท และปรอท
 มีจุดเดือดช้ากว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์.

ปรอทมีลักษณะพิเศษเหมาะแก่การทำเครื่องมือวิทยุอุดมภูมิกว่าวัตถุเหลวอื่น ๆ คือ

๑. มีระยะเป็นของเหลวได้นาน แข็งช้า เติบโตช้า มีช่องวิทยุอุดมภูมิได้ไกล
 มาก
๒. ขยายตัวได้เป็นส่วนคงที่เสมอไป.
๓. เป็นวัตถุทึบแสง คือแสงสว่างลอดไม่ไป ดังนั้นแม้จะมีส่วนหนาเพียงเท่า
 เส้นกายเล็ก ๆ ก็สามารถมองเห็นการขึ้นลงได้โดยง่าย.
๔. เป็นวัตถุที่นำความร้อนดี เพราะฉะนั้นจึงสามารถแสดงอุณหภูมิของวัตถุ
 ต่าง ๆ ได้เร็วทันใจ.

สังเกตความ

๑. อุณหภูมิ คือระดับความร้อนที่วัดในวัตถุ
๒. วัตถุที่มีอุณหภูมิต่างกัน เมื่อสัมผัสกัน อุณหภูมิที่สูงกว่าจะอมลระดับลง ส่วนอุณหภูมิที่ต่ำจะเพิ่มสูงขึ้น.
๓. อุณหภูมิไม่ใช่เป็นเครื่องวัดจำนวนความร้อน.
๔. เครื่องวัดอุณหภูมิ เรียกว่าเทอร์โมมิเตอร์.
๕. เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ทั่วไป ใช้ปรอทเป็นเครื่องวัด.

คำถาม

๑. อุณหภูมิ คืออะไร?
๒. ระดับความร้อนกับจำนวนความร้อนต่างกันอย่างไร?
๓. ทำไมจึงใช้ปรอท หรือแอลกอฮอล์เป็นของเหลวบรรจุในเครื่องวัดอุณหภูมิ
๔. ทำไมจึงไม่ใช้น้ำเป็นของเหลวบรรจุในเทอร์โมมิเตอร์?
๕. เบบอกคุณสมบัติของปรอทในการใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์.

บทที่ ๒๓

การทำเทอร์มอมิเตอร์

การกรอกปรอท

เมื่อได้ทราบว่เทอร์มอมิเตอร์ คืออะไรแล้ว เราก็ควรจะทราบการสร้างเครื่อง
มือนเสียบ้าง การกรอกปรอทนับเป็นงานคันแรกของการทำเครื่องมือและเป็นงานที่
สำคัญที่สุดด้วย



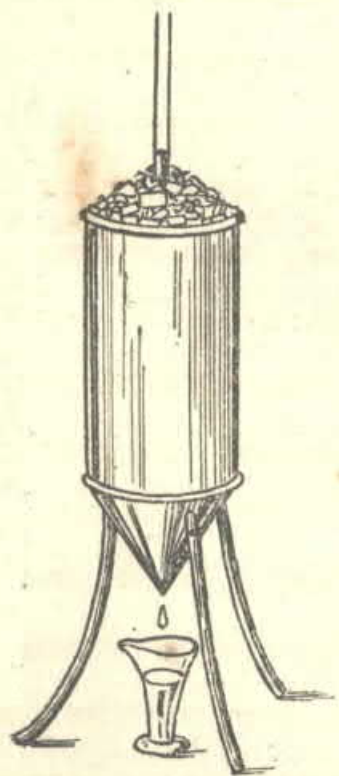
รูปที่ ๓๔

กิริรูปที่ ๓๔ หาหลอดแก้วที่มีเนื้อแก้วหนาและรูเล็กมา
ท่อนหนึ่งยาวประมาณ ๑ ฟุต มีรูโตเสมอกันเสมอปลายและเล็ก
มากจนเกือบเท่ากับเส้นด้ายขนาดเล็ก การเลือกหลอดแก้วนี้
เป็นสิ่งสำคัญ คือถ้าเลือกหลอดแก้วได้ดี เทอร์มอมิเตอร์ที่ทำขึ้น
ก็จะบอกผลได้แน่นอน ถ้าหลอดแก้วไม่ดี ผลก็จะคลาดเคลื่อนไป
ดังนั้นเราจึงต้องเลือกหาหลอดแก้วด้วยความระมัดระวัง เมื่อได้
หลอดแก้วสมประสงค์แล้ว เริ่มเผาปลายข้างหนึ่งให้เยือกติดกัน
สนิท แล้วเข้าไปให้โป่งเป็นกระเปาะสำหรับขังปรอท แต่ในหลอดแก้ว
และกระเปาะที่ทำขึ้นย่อมมีอากาศอยู่เต็ม เราไม่สามารถที่จะกรอก
ปรอทเข้าไปเฉยๆ ได้ จึงต้องใช้เปลวไฟ เช่นเปลวไฟเทียนไข

เผาให้ทั่วๆ หลอดเพื่อไล่อากาศภายในออกเสียบ้าง และแล้วให้จุ่มหลอดแก้วทางปลาย
เบ็ดลงไปในอ่างปรอท อากาศภายในหลอดเมื่อเย็นลงย่อมยุบตัวลงเขาปรอทเข้ามา
ในหลอดแก้วนั้นบ้าง เอาหลอดแก้วลงไฟอีกเพื่อให้ปรอทภายในระเหยไล่อากาศ
ภายในหลอดอีก แล้วจุ่มลงไปในอ่างปรอทเพื่อให้ตกปรอทเข้าไปแทนที่ ทำเช่นนั้นต่อ
ไปจนกว่าปรอทจะเข้ามาเต็มหลอดและกระเปาะ ในที่สุดเอาหลอดแก้วนั้นไปลงไฟให้

ทวอิกครั้งหนึ่งโดยความระมัดระวังเพื่อให้อากาศที่ยังตกค้างอยู่ภายในและ ความชื้น
ต่าง ๆ ที่อาจมีไค้ออกให้หมด ในขณะที่ยังคงร้อนอยู่นั้น ให้ใช้เข็มนำเข้า
ให้ทางปลายเข็มของหลอดแก้วละลายและประสานติดกันสนิท แล้วปล่อยให้
ปรอทภายในกระบอกแก้วเหลือน้อยลงบ้าง ตอนนั้นยังต้องเก็บทิ้งไว้นาน ๆ กว่าแบ่ง
ชั่งก็ควรไค้ทิ้งทิ้งกันเวลาเช่นนี้ ๆ ที่เกี่ยว.

การหาจุดน้ำแข็ง



รูปที่ ๓๕

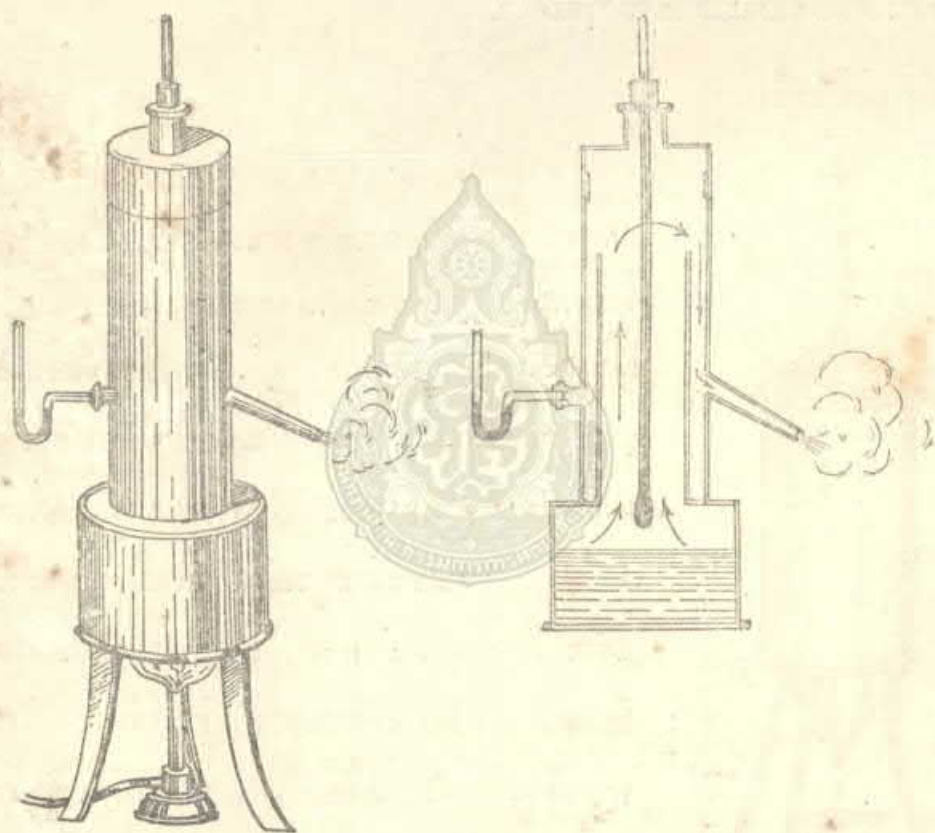
รูปที่ ๓๕ เอน้ำแข็งก้อนเล็ก ๆ ที่วางบน
สะพานแล้วใส่ลงในกรวยแก้วขนาดใหญ่ซึ่ง ตั้งอยู่บน สาม
ขาอันหนึ่ง เอาดินสอหรือค้ำปากกาแหลมนำเข็มนำเข้าให้
เป็นรูเพื่อใส่เทอร์โมมิเตอร์ แล้วเขี่ยก้อนน้ำแข็งยก
กระเปาะปรอทจนทั่ว ทั้งกันหลอดให้ตรงเป็นเส้นตั้ง
ภายในไม่กี่นาทีจะเห็นว่าปรอทในหลอดกระหัด ตัวหลอดต่ำลงไป
ทุกที จนเห็นว่าอยู่เหนือก้อนน้ำแข็งเพียงเล็กน้อย
คงทิ้งไว้สักราว ๑๕ นาที เห็นว่าปรอทไม่ลดต่ำลงไป
อีกแล้ว ก็ให้ทำเครื่องหมายไว้ที่ตรงนั้น โดยใช้
ปากเพ็ชรขีดลงไปบนเนื้อแก้ว เป็นอันว่าหาจุดน้ำแข็ง
ได้สมบูรณ์แล้ว.

ข้อควรสังเกตที่ก้อนน้ำแข็งที่นำมาใช้ของสะพาน
และบริสุทธิ์จริง ๆ มีวัตถุใดเจือปนอยู่ไม่ได้เป็นอันขาด

และน้ำแข็งจะต้องหุ้มห่อกระเปาะโดยมิดชิด,

การหาจุดน้ำเดือด

ในการหาจุดน้ำเดือดเราใช้หม้อต้มกึ่งปรอทในรูปที่ ๔๐ ซึ่งมีลักษณะเป็นรูป
 กระจกบอก ๒ ชั้น เวล่าน้ำเดือด ไอน้ำจะลอยขึ้นมาตามหม้อต้มชั้นใน แล้วจะ
 ตกลงไปทางหม้อน้ำชั้นนอก และหนีออกไปในอากาศทางพวยเบื้องล่าง (ดัง
 แสดงให้เห็นที่วาล์วลูกศร) เอาเทอร์มอมิเตอร์สอดทะลุทึบไม้คอรุกทอตุกผ้าหม้อต้มชั้น



รูปที่ ๔๐

มา และกับเทอร์มอมิเตอร์นั้นลงไปให้ระดับปรอทภายในอยู่เสมอกับไม้คอรุกทอตุกผ้าให้เห็น
 ได้ถนัด แต่ต้องระวังอย่าให้ส่วนโ่งของเทอร์มอมิเตอร์ไปลงในน้ำต้มได้ อย่าง
 น้อยควรให้สูงกว่าน้ำราว ๓ หรือ ๔ นิ้ว เมื่อน้ำเดือดเต็มที่ปรอทในเทอร์มอมิเตอร์จะ
 ขึ้นสูงถึงขีดข้อหนึ่ง ปล่อยให้ น้ำเดือดต่อไปอีกประมาณ ๑๕ นาทีจนแน่นนอนว่า

ปรอทไม่ขึ้นต่อไปอีกแล้ว ก็ให้ทำเครื่องหมายที่ตรงนั้นไว้ภายนอกหลอดแก้ว ใน
เวลาเดียวกันให้รีบดูบารอมิเตอร์ เครื่องวัดความดันของอากาศทันที ถ้าบารอมิเตอร์
ขึ้นสูง ๗๖ เซนติเมตร ชิกน้ำเดือดทหมายความว่า วิกก็เป็นของแน่นอนไม่ต้องแก้ไขเปลี่ยนแปลง
อีก ถ้าหากว่าบารอมิเตอร์ขึ้นสูงหรือต่ำกว่า ๗๖ เซนติเมตรแม้แต่เพียงเล็กน้อย
ก็น้ำเดือดที่ได้นั้นยังไม่ใช่ว่ามาตรฐานเพราะบารอมิเตอร์นั้นแสดงว่าความดันของ
อากาศมีข้อผิดพลาดหรือการเดือดของของเหลวนอกจากความร้อน.

ถ้าปรอทในหลอดบารอมิเตอร์ อยู่สูงกว่าระดับ ๗๖ เซนติเมตร นั้นหมายความว่า
ความดันในขณะนั้นความดันของอากาศสูงกว่าธรรมดา ในทำนองเดียวกันถ้าปรอท
ในหลอดบารอมิเตอร์อยู่ต่ำกว่าระดับนี้ ความดันของอากาศก็ย่อมต่ำกว่าธรรมดา
ด้วย ถ้าความดันของอากาศสูงหรือต่ำ วิกน้ำเดือดที่เราหาได้ก็ย่อมจะสูงหรือต่ำ
กว่าวิกน้ำเดือดจริง ๆ ไปด้วย สมมติว่าน้ำเดือดเมื่อ ๑๐๐° ซ. เขาคำนวณได้ว่า
ถ้าบารอมิเตอร์บอกความดันของอากาศต่ำไป ๒๖.๘ มิลลิเมตร น้ำจะเดือดต่าง
ไปกว่าวิกน้ำเดือดปกติ ๑° ซ. พอดี กล่าวคือถ้าระดับปรอทในบารอมิเตอร์อยู่ต่ำกว่า
ระดับ ๗๖ เซนติเมตรถึง ๒๖.๘ มิลลิเมตรเมื่อใด ชิกน้ำเดือดแทนที่จะอยู่ ๑๐๐° ซ.
กลับเหลือแต่เพียง ๙๙° ซ. เท่านั้น

การเปลี่ยนมาตราส่วนระหว่าง ซ.ฟ. และร.

ซ.	0	100
ฟ.	32	212
ร.	0	80

รูปที่ ๔๐

มาตราส่วนที่เขาใช้บอกค่าของ
เทอร์มอมิเตอร์ โดยมากนั้น มีอยู่
๓ ชนิดด้วยกันคือ (ดูรูปที่ ๔๑)

๑. ดีกรีเซนติเกรด (ใช้อักษรย่อว่า ซ.) มีชิกน้ำแข็งเป็น ๐° ซ. และ
ชิกน้ำเดือดเป็น ๑๐๐° ซ. รวม ๑๐๐° ซ.

๒. ดักร์ฟาเรนไฮต์ (ใช้ตัวย่อว่า ฟ.) มีขีดน้ำแข็งเป็น ๓๒° ฟ. และขีดน้ำเดือดเป็น ๒๑๒° ฟ. รวม ๑๘๐° ฟ. แต่ถ้านับจาก ๐° ฟ. ขึ้นมา ก็มี ๒๑๒° ฟ.

๓. ดักร์โรเมอร์ (ใช้ตัวย่อว่า ร.) มีขีดน้ำแข็งเป็น ๐° ร. และขีดน้ำเดือดเป็น ๘๐° ร. รวม ๘๐° ร.

เมื่อมาตราส่วนของเทอร์โมมิเตอร์ต่างกันถึง ๓ ชนิดเช่นนี้ ในบางครั้งบางครั้งจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงกันบ้าง ดังนั้นจึงต้องอาศัยหลักการคำนวณดังต่อไปนี้.

ระยะระหว่างจุดน้ำแข็งและจุดน้ำเดือดย่อมยาวเท่ากัน.

บนมาตราส่วนเซ็นต์ติเกรดมี $100 - 0 = 100$ ° ซ.

„ „ ฟาเรนไฮต์มี $212 - 32 = 180$ ° ฟ.

„ „ โรเมอร์ มี $80 - 0 = 80$ ° ร.

ดังนั้นถ้าสมมติว่าอุณหภูมิขึ้น t ° ซ. ก็จะได้เท่ากับ $\frac{t \times 180}{100} = \frac{t \times 9}{5}$ ° ฟ. ดักร์

ในมาตราส่วนฟาเรนไฮต์.

แต่จุดน้ำแข็งของฟาเรนไฮต์เป็น ๓๒° ฟ.

∴ t ° ซ. ก็เท่ากับ $(\frac{t \times 9}{5} + 32)$ ° ฟ.

ดังนั้นก็จะเป็นกฎได้ว่า

$$๑. \text{อุณหภูมิเซ็นต์ติเกรด} = \frac{(\text{อุณหภูมิฟาเรนไฮต์} - 32) \times 5}{9} \text{° ฟ.}$$

$$\text{และ} = \frac{\text{อุณหภูมิโรเมอร์} \times 5}{4} \text{° ร.}$$

$$๒. \text{อุณหภูมิฟาเรนไฮต์} = \frac{\text{อุณหภูมิเซ็นต์ติเกรด} \times 9}{5} + 32 \text{° ซ.}$$

$$\text{และ} = \frac{\text{อุณหภูมิโรเมอร์} \times 4}{3} + 32 \text{° ร.}$$

$$\begin{aligned} \text{๓. อุณหภูมิไวเมอร์} &= \frac{\text{อุณหภูมิเซ็นติเกรด} \times 4^{\circ}\text{ซ.}}{5} \\ \text{และ} &= \frac{(\text{อุณหภูมิฟาเรนไฮต์} - 32) \times 4^{\circ}\text{ฟ.}}{9} \end{aligned}$$

สังเกตความ

๑. ในการหาอุณหภูมิไวเมอร์ ควรใช้น้ำแข็งสะอาดบริสุทธิ์ ตั้งภาชนะหลอดแก้วให้ตรง และให้ระดับปรอทจมอยู่ในระดับกับขนานน้ำแข็ง.
๒. ในการหาอุณหภูมิเดือด ต้องระวังอย่าให้ส่วนหนึ่งส่วนของหลอดแก้วสัมผัสกับก้นภาชนะ และต้องรอระดับปรอทในหลอดแก้วจนนิ่งสนิท.
๓. ความดันของอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเดือด เพราะในเวลาหาอุณหภูมิเดือดต้องตรวจความดันของอากาศจากบารอมิเตอร์ เพื่อแก้ไขอุณหภูมิเดือดให้ถูกต้อง.

คำถาม

๑. ในการหาอุณหภูมิไวเมอร์ ทำไมเราจึงต้องใช้น้ำแข็งที่สะอาดบริสุทธิ์? และทำไมจึงต้องระวังให้ระดับปรอทจมอยู่ในน้ำแข็ง?
๒. ในการหาอุณหภูมิเดือด ทำไมจึงต้องระวังไม่ให้หลอดแก้วจุ่มลงในน้ำเดือด?
๓. ในการหาอุณหภูมิเดือด เราจะต้องว่า ปรอทขึ้นสูงถึงขีดใด ขีดนั้นเป็นอุณหภูมิเดือดที่ 100°ซ. ใดหรือไม่? เพราะเหตุใด?
๔. ความดันของอากาศมีความสัมพันธ์กันอย่างไรกับอุณหภูมิเดือด?
๕. ให้เปลี่ยนอุณหภูมิ 4°ซ. 16°ซ. 80°ซ. เป็นอุณหภูมิฟาเรนไฮต์.
๖. ให้เปลี่ยนอุณหภูมิ 18°ฟ. 0°ฟ. 78°ฟ. เป็นอุณหภูมิเซ็นติเกรด.

บทที่ ๒๔

ความจุแห่งความร้อน

ความจุแห่งความร้อน

ความร้อนนั้นในทางวิทยาศาสตร์เขานิยามเป็นปริมาณจำนวนหนึ่ง ถ้าหากว่าความร้อนจำนวนใดสามารถทำให้น้ำหนัก ๑,๐๐๐ กรัมร้อนเพิ่มขึ้นจาก ๑๕°ซ. เป็น ๑๖°ซ. ได้แล้ว ความร้อนจำนวนนั้นก็สามารทำให้น้ำหนัก ๑,๐๐๐ กรัมร้อนขึ้นอยู่แล้ว ๑๕°ซ. มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก ๑°ซ. เช่นกัน ถ้าหากว่าน้ำ ๒,๐๐๐ กรัม เราก็ต้องใช้จำนวนความร้อนนั้นเป็น ๒ เท่า นั่นคือ จำนวนความร้อน ที่เราหมายถึง.

จำนวนความร้อนนั้นเขานิยามเป็นหน่วยๆ เรียกว่า หน่วยความร้อน ซึ่งเราสามารถวัดให้เห็นได้ หรือจะพูดอย่างกว้างๆ ก็ว่า หน่วยความร้อนคือจำนวนความร้อนที่สามารถทำให้น้ำ ๑ หน่วยหนัก ๑,๐๐๐ กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก ๑ องศา.

เมื่อพูดว่าน้ำ ๑ หน่วยหนัก ๑,๐๐๐ กรัม มีความร้อนเพิ่มขึ้นอีก ๑ องศา นั่นคือ น้ำนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ๑ หน่วยพอดี หรือว่าน้ำนั้นมีความร้อน ๑ หน่วย แต่เมื่อเราพูดถึงของเหลวอื่น ๆ เช่น แอลกอฮอล์และน้ำมันสน สิ่งเหล่านี้มีความร้อนไม่เท่ากัน สิ่งไหนมีความจุความร้อนน้อย ก็ย่อมเพิ่มอุณหภูมิเร็ว และสิ่งที่มีความร้อนมากก็ย่อมเพิ่มอุณหภูมิต่ำ นั่นก็เปรียบได้กับน้ำในถัง ๒ ถังที่มีความจุไม่เท่ากัน ถ้าเราเติมน้ำลงไปอีกถึงระดับเท่าๆกัน ถังที่มีความจุน้อย ระดับน้ำย่อมขึ้นสูงกว่า.

ของแข็ง เช่น เหล็ก ทองแดง และศิลา ก็ต่างก็มีความจุความร้อนมากน้อยไม่เท่ากันเหมือนกัน ถ้าเราเอาของแข็ง ๒ ชนิดที่มีน้ำหนักเท่ากันไปเผาไฟพร้อมกัน

และในระยะเวลาเท่ากัน แต่ของแข็งทั้ง ๒ ชนิดนั้นจะร้อนไม่เท่ากัน นั่นคือของแข็งนั้นต่างมีความร้อนไม่เท่ากันนั่นเอง.

การวัดจำนวนความร้อน

เมื่อได้เรียนรู้ถึงเรื่องความร้อนแล้ว ก็ควรจะรู้ถึงการวัดจำนวนความร้อนว่าเขาทำกันอย่างไรด้วย สมมติว่าเราทำการทดลองดังต่อไปนี้ คือ เติมน้ำ ๑,๐๐๐ กรัม ใส่ลงในภาชนะอันหนึ่ง วัดอุณหภูมิของน้ำไว้ แล้วเอาชิ้นตะกั่วให้หุ้มอุณหภูมิของน้ำนั้นทุก ๆ ๑ นาที เราก็จะได้ความรู้ว่า จำนวนอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ ระยะ ๑ นาทีนั้นเท่ากันเสมอไป ทั้งนี้หากว่าเราใช้น้ำ ๒,๐๐๐ กรัม หรือน้ำเพียง ๕๐๐ กรัม แทนที่จะใช้น้ำ ๑,๐๐๐ กรัม ก็จะได้ผลว่าในจำนวนน้ำ ๒,๐๐๐ กรัม อุณหภูมิจะสูงขึ้นเพียงครึ่งเดียว และในจำนวนน้ำ ๕๐๐ กรัม อุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น ๒ เท่าต่อระยะ ๑ นาทีเสมอไป.

ในการทดลองเช่นนั้น แม้จะครั้ง ๆ ก็ตาม ย่อมปรากฏผลดังนี้:—

น้ำหนักของน้ำ เป็นกรัม	รายละเอียดของอุณหภูมิ ที่เพิ่มขึ้นในระยะ ๑ นาที	อุณหภูมิเพิ่มขึ้นใน ๑ นาที คูณกับน้ำหนักในน้ำ ที่นำมาใช้
๑,๐๐๐	๖°ซ.	๖,๐๐๐
๒,๐๐๐	๓°ซ.	๖,๐๐๐
๕๐๐	๑๒°ซ.	๖,๐๐๐
๓,๐๐๐	๒°ซ.	๖,๐๐๐

ตามตารางข้างบนนี้แสดงให้เห็นว่า ถ้าตะเกียงถ่ายความร้อนให้น้ำในระบับ
เท่ากันเสมอไปแล้ว อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ ระยะ ๑ นาที ย่อมเป็นปฏิภาค
กับน้ำหนักของน้ำเสมอ กล่าวคือน้ำยิ่งเพิ่มจำนวนน้ำหนักมากขึ้น อุณหภูมิก็ยิ่ง
เพิ่มช้าลงเป็นลำดับ จึงสังเกตได้ว่าผลคูณของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นกับจำนวนน้ำหนัก
ของน้ำในคราวหนึ่ง ๆ ย่อมเท่ากันเสมอไป จากผลอันนี้ก็ดูเหมือนว่าเราสามารถจะวัด
จำนวนความร้อนที่น้ำได้รับจากดวงไฟได้ แต่ก่อนที่เรามาคิดถึงเรื่องนี้ ขอให้เราหันไป
คำนึงถึงความจริงอีกอันหนึ่งก่อน.

ถ้าเราทำการทดลองดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ใช้น้ำมันแทนน้ำ ก็จะได้ผล คือ

น้ำหนักของน้ำมัน เป็นกรัม	รายละเอียดของอุณหภูมิ ที่เพิ่มขึ้นในระยะ ๑ นาที
๑,๐๐๐	๑๕°ซ.
๒,๐๐๐	๗°ซ.
๕๐๐	๒๘°ซ.
๓,๐๐๐	๕.๗°ซ.

เราคงได้สังเกตเห็นว่าทั้งนี้คงส่งความร้อนให้ในระบับเดิม แต่อุณหภูมิของ
น้ำมัน ๑,๐๐๐ กรัม สูงถึง ๑๕° ใน ๑ นาที ในเมื่อน้ำในจำนวนน้ำหนักเท่า
กัน สูงเพียง ๖° เท่านั้น นี่ก็แสดงให้เห็นว่าน้ำมันมีความร้อนน้อยกว่าน้ำ
มาก และจำนวนความร้อนที่จะทำให้ น้ำมัน ๑,๐๐๐ กรัม ร้อนเพิ่มขึ้นอีก ๑° นั้น
ต้องเป็นเพียง $\frac{๖}{๑๕}$ หรือ $\frac{๓}{๕}$ หรือ ๐.๔ ของจำนวนความร้อนที่ทำให้ น้ำ ๑,๐๐๐ กรัม
ร้อน เพิ่มขึ้น ๑° เท่านั้น

ในทำนองเดียวกันถ้าเราใช้ของเหลวอื่นๆ เช่น แอลกอฮอล์ และอีเทอร์ ก็จะได้แสดงให้เห็นว่า แอลกอฮอล์ ๑,๐๐๐ กรัม ต้องการจำนวนความร้อนเพียง ๐.๖ และอีเทอร์ ๑,๐๐๐ กรัม ต้องการประมาณ ๐.๕ เท่าของจำนวนความร้อนที่อาจทำให้น้ำในหน่วยน้ำหนักเดียวกันร้อนเพิ่มขึ้นอีก ๑°.

จากความจริงเหล่านี้เราก็พูดได้ว่า หน่วยความร้อนของน้ำเป็น ๑.๐ ของน้ำมันสนเป็น ๐.๔ ของแอลกอฮอล์เป็น ๐.๖ และของอีเทอร์ ๐.๕ นี่หมายความว่า ถ้าเรา ๑ หน่วย น้ำหนักต้องการความร้อนเพิ่มขึ้น ๑° ซ. ต้องใช้ความร้อนอีก ๑ หน่วยหนึ่งพอที่ น้ำมันสน แอลกอฮอล์ และอีเทอร์ ใช้ความร้อนเพิ่มขึ้นเพียง ๐.๔, ๐.๖ และ ๐.๕ หน่วย ตามลำดับเท่านั้น

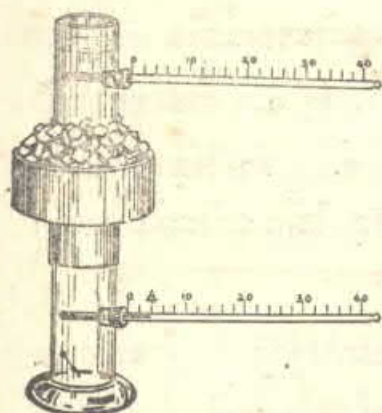
การวัดความร้อนเขาใช้หน่วยความร้อนของน้ำเป็นมาตรฐาน จำนวนความร้อนที่สามารถทำให้น้ำ ๑ กรัมร้อนเพิ่มขึ้น ๑° ซ. เรียกว่า ๑ แคลอรี ดังนั้นเราจึงกล่าวว่าน้ำมันสนความร้อน ๐.๔ แคลอรี.

น้ำกับความร้อน

เราได้ทราบมาแล้วว่าของแข็งก่อกวนของเหลวก่อกวน และอากาศก่อกวน เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นย่อมขยายตัวออก และเมื่อลดอุณหภูมิลงย่อมหดตัว แต่ยังมีของบางสิ่งที่ไม่ได้เป็นไปตามกฎธรรมดาอันนี้ เช่น น้ำ เป็นต้น.

ถ้าหากว่าเรานำน้ำซึ่งมีอุณหภูมิ ๐° ซ. ไปต้บบนไฟ เราจะเห็นว่าน้ำนั้นเมื่อได้รับความร้อนแทนที่จะขยายตัวกลับหดตัวลงทันที และจะหดตัวต่อไปจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ ๔° ซ. น้ำนั้นจึงจะเริ่มขยายตัวเช่นเดียวกับวัตถุอื่นๆ ในการทำน้ำที่ร้อนให้เย็นลงก็เกิดผลเช่นเดียวกัน คือในขณะที่คายความร้อนออก น้ำจะหดตัวลงเรื่อยๆ จนกว่าจะมีอุณหภูมิเพียง ๔° ซ. และน้ำนั้นจะเริ่มขยายตัวขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และจะขยายตัวต่อไปจนถึงที่น้ำแข็ง คือ ๐° ซ. นั่นคือน้ำมีปริมาตรเล็กลงที่สุด และความแน่นมากที่สุดที่เมื่อ ๔° ซ.

ในการทดลองความจริงเรื่องนั้น เขาใช้ เครื่องมือของไฮโป ซึ่งประกอบด้วย
ถ้วยถึงแก้วกลมรูปกระบอกใบหนึ่ง ตอนกลางของถ้วยล้อมรอบด้วยสังกะสีเพื่อเป็นที่ใส่น้ำแข็ง เขาเทอรูมมิเตอร์ขึ้นที่เข็นที่เกวรถออกเข้าไปในถ้วยตอนใกล้กับปากอันหนึ่ง และตอนใกล้กับก้นอันหนึ่ง ดังปรากฏในรูปที่ ๔๒ เหนือน้ำได้ดังแก้วให้เต็ม



รูปที่ ๔๒

และเขื่อน้ำแข็งขึ้นเกลื่อนใต้ในสังกะสีรอบถ้วยนั้น แล้วคอยสังเกตอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์ ทั้งสองตัว ครั้งแรก จะเห็นว่าเทอร์มอมิเตอร์ อันล่าง ลง รับ รับ อุณหภูมิลงเร็วมาก แต่ชั้นบนคงลดลงเพียงเล็กน้อย นัยนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำทางตอนกลางของถ้วยแก้ว เมื่อถูกความเย็นจากน้ำแข็งก็ หักตัว ทำให้เพิ่มความแน่นมากขึ้น จึงจมลงไปยังก้นถ้วย และเทอร์มอมิเตอร์อันล่างจะลงรับรับเร็วไปจนกว่าจะถึงอุณหภูมิ ๔° ซ. ก็หยุดชะงัก แล้วเทอร์มอมิเตอร์อันบนถึงจะเริ่มลงรับรับ และลงรับเร็วไปจนถึง ๐° ซ. ที่เดียว นักแสดงให้เห็นว่าเมื่อน้ำนั้นอุณหภูมิขึ้นกว่า ๔° ซ. จะขยายตัวอีกครั้งหนึ่ง ทำให้มีความแน่นน้อยลง จึงลอยขึ้นไปสู่ผิวน้ำ จากการทดลองอันนี้เราก็เห็นได้ว่าน้ำมีความแน่นมากที่สุดเมื่อ ๔° ซ.

สังเกตความ

๑. หน่วยวัดจำนวนความร้อนเรียกว่า แคลอรี.
๒. วัตถุต่างชนิดกันก็มีความร้อนจำเพาะไม่เท่ากัน.
๓. ความร้อนจำเพาะของวัตถุใดๆ คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนความร้อนที่ทำให้วัตถุนั้นๆ ทหนัก ๑ กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น ๑° ซ. กับจำนวนความร้อนที่ทำให้ น้ำ ๑ กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น ๑° ซ.

๔. น้ำมีความแน่นมากที่สุด ที่ ๔๐๐. ฉะนั้นอุณหภูมิ ๔๐๐. น้ำมีปริมาตร
 เล็กที่สุด ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าหรือต่ำกว่า ๔๐๐. น้ำจะเริ่มขยายตัว.

คำถาม

๑. แคลอรีคืออะไร ?
๒. ความร้อนจำเพาะคืออะไร ?
๓. จำนวนความร้อนกับอุณหภูมิต่างกันอย่างไร ?
๔. น้ำแข็งกับน้ำที่ ๔๐๐. อย่างใหนมีความแน่นมากกว่ากัน เพราะเหตุใด ?



บทที่ ๒๕

วัตถุ—มัชฌิม—แสงสว่าง

ถ้าสิ่งใดยังเกิดตาม 'กาละเทศะ' เรามักไม่สังเกต. ถ้าสิ่งใดยังเกิดขึ้น
เปลี่ยนรูป เปลี่ยนสี ในชั่วเวลาอันสั้น และในขณะที่เราไม่นึกถึง เราจึงสังเกตเห็น
ว่า "แปลก" 'ตะวันขึ้น' 'ตะวันตรงหัว' 'ตะวันตก' ทุกวัน, เกิดขึ้นผ่านไป
ทันไม่ขอกออกนอกตามดู, สิ่งเหล่านี้เรามิได้สังเกต. แต่วันไหนฝนตกหนัก
ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า ฤดูไหนแล้ง ฝนไหนมีน้ำท่วม เราจำได้แม่นยำ.

นักวิทยาศาสตร์สังเกตอาการเปลี่ยนแปลงทั้งปรกติและไม่ปรกติ. เขาเห็นว่าพวกเรา
ขาดความสังเกต อาการง่าย ๆ แห่งธรรมชาติเราก็มิรู้. เขาถามเราว่า "เพราะ
เหตุไรเราจึงเห็นวัตถุต่าง ๆ รอบตัวเรา?" เราบางคนไม่สามารถตอบ เพราะไม่รู้ว่า
จะตอบอย่างไร. นักวิทยาศาสตร์จะบอกเราว่า "เรามองเห็นวัตถุต่าง ๆ รอบตัวเรา
ได้ก็เพราะมีแสงสว่างนั่นเอง. จะเป็นแสงสว่างจากอะไรก็ตาม." การทัศนของเรา
ต้องอาศัยแสงสว่าง. ถึงกระนั้นยังมีบางคนเข้าใจผิด คิดว่าแสงมาจากตาของผู้มอง
มองตรงลงไปยังวัตถุไหนก็เห็นวัตถุนั้น. เมื่อเล็ก ๆ เราเคยพูดกับเพื่อนว่า "เพราะ
เธอมีดวงตาดูเห็นฉัน".

นักวิทยาศาสตร์จะพูดตรงกันข้ามกับความเข้าใจเดิมของเรา. เขาจะบอกว่า
เราเห็นวัตถุต่าง ๆ จากแสงสว่าง จากข้อเท็จจริงอย่างช่วยให้วัตถุส่งแสงสะท้อนผ่าน
เข้าในตาเรา. จากความเข้าใจเดิมของเรา เรามักเข้าใจว่า เมื่อมีไฟแล้วก็ต้อง
มีแสง แสงต้องมาจากไฟอย่างเดียว. แต่เมื่อเราเอากระจกเงาไปรับแสงแดดหรือ
เมื่อผิวน้ำสัมผัสแสงแดด เราได้รับแสงสว่างสะท้อนออก. นั่นไม่ใช่แสงจากไฟ.
สิ่งของใดมากมายที่เราเห็นได้เพราะรูปและเพราะสี ก็โดยการสะท้อนของแสงสว่าง

อย่างที่เราเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นขึ้นนั้น. เราเห็นดวงจันทร์ส่องสว่างก็เพราะผิว
ของดวงจันทร์สะท้อนแสงแดดมายังโลก. ดวงจันทร์เองไม่มีแสงในตัว. ดังนั้น
นักวิทยาศาสตร์แบ่งเทห์ออกเป็น ๒ ประเภท ประเภทที่หนึ่ง โซติเทห์ คือเทห์ที่
มีแสงออกจากตัวของมัน เช่นเพลิงของการลุกไหม้ของสสาร หรือเช่นไฟฟ้าขณะฟ้า
แลบ หรือขณะเมฆกระแสผ่านเข้าไปในเทห์ที่มากำลังต้านทานจนเปล่งแสงออก หรือ
เช่นหลอดกระแส หรือเช่นปลาเน่าบางอย่าง หรือกาชยางอย่างเมฆกระแสไฟฟ้าผ่าน.
ประเภทที่สองเรียกว่า อโซติเทห์ ไก่แก่เทห์อื่น ๆ ที่มีลักษณะสะท้อนแสงสว่างขณะ
เมื่อตนได้รับมาจากเทห์ประเภทหนึ่ง. สิ่งรอบตัวแทบทุกอย่างเป็นอโซติเทห์.

อะไรเป็นมัชฌิม ? อะไรเป็นวัตถุ ?

“คนไล่แวนตามองดูปลาเงินปลาทองในอ่างน้ำ.” ปลาเงินปลาทองเป็นวัตถุ
ประสงค์ของผู้มอง. ปลาเป็นวัตถุชนิดที่ไม่มีแสงในตัว. คนเห็นปลาได้เพราะแสง
สะท้อน. แต่แสงนั้นกว่าจะผ่านเข้าไปในนัยน์ตา ต้องผ่านน้ำในอ่างแก้ว. ผ่านแก้ว
ผ่านอากาศ. ผ่านแวน. น้ำ แก้ว อากาศ แวน เป็นมัชฌิม หากพวกแยกกัน
เป็นอื่น ๆ ต่างก็เป็น เอกมัชฌิม ถ้าพวกรวมกันหมด ก็เป็น อเนกมัชฌิม เรา
มองคนในอากาศแสงต้องผ่านอากาศ อากาศก็เป็นเอกมัชฌิม ขางวันหมอกลงจัก
เราเห็นวัตถุไกล ๆ ไม่เด่น เพราะอากาศมัว อากาศมัวก็เป็น เอกมัชฌิม เรา
หากระกผ้าโดยทาสีเสียข้างหนึ่ง หรือหากระคายขาวหรือหาไปกระเบื้องบาง ๆ มา
ทำที่ครอบตะเกียง เพื่อให้แสงตะเกียงนวลขึ้น ให้ผิดกับแสงเมื่อเห็นด้วยตาเปล่า.
กระกผ้า กระคาย กระเบื้อง ที่เราจัดหามาขึ้นต่างก็เป็นเอกมัชฌิม.

มัชฌิมสามชนิด

มัชฌิมในตน จะเป็นสสาร เช่น อากาศ น้ำ แก้ว กระคาย กระทาน ก็ไ้
จะเป็นอสสาร หรือสิ่งที่เราไม่สามารถจะหยิบยกมาพิสูจน์ เช่น พหิรากาศ ซึ่ง

สรีรจักรวาลและจักรวาลอื่น ๆ ลอยอยู่ มีชนิดมีคือสิ่งที่แสงผ่านมา เราจัก
มีชนิดมีออกเป็น ๓ ประเภท ดังต่อไปนี้—

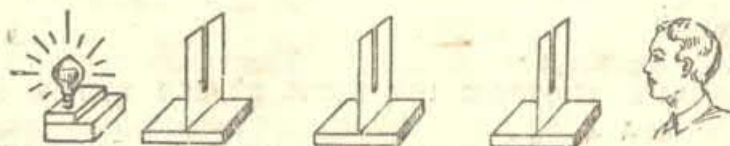
๑. มีชนิดมีโปร่งตา ไท้แก่ แก้วใส น้ำใส อากาศและพาหิรอากาศ. สิ่ง
เหล่านี้ใส เมื่อแสงผ่านแล้ว ก็ไม่ถูกสะท้อนกลับหรือไม่ถูกดูดไปให้กลายเป็นกำลัง
งานอื่น ๆ.

๒. มีชนิดมีโปร่งแสง ไท้แก่กระต่ายผ้า ด้วยขามเคลือบขาง ๆ โลหะที่
ออกจนขางอย่างทองใบ กระเจ๊กผ้า อากาศที่หมอก ฯลฯ ที่ยอมให้แสงผ่านไปปลาย
ทางข้าง. เมื่อเรายกกระต่ายเขียนหนังสือขึ้นบังไฟ เราก็กังแลเห็นแสงไฟทะลุผ่าน
ไต้ถึงแม้ยังไม่ซีกอย่างกับเขาแก้วใสบังไฟ หรือเมื่อไฟด้วยตาเปล่าก็ตาม.

๓. มีชนิดมีทึบ ไท้แก่สิ่งใดก็ตามที่กันแสงสว่างผ่านทั้งหมด.
แสงผ่านเอกมีชนิดมีอย่างไร?

ถ้าเรากิดทอยคำถามว่า “แสงเมื่อผ่านเอกมีชนิดมี เช่นอากาศ เ็นตามแนว
อะไร?” เรากงทอยไต้ถูกทุกคนว่า แสงเดินตามแนวตรง. เพราะเวลา
เรากงร่วมกันแตก เราย่อมกางให้ร่มอยู่เหนือเรา ข้องทางที่ดวงอาทิตย์ส่องมาตรง
เรา. เมื่อเราส่องไฟฉายในเวลากลางคืน เราแลเห็นแสงพุ่งตรงเป็นลำออกไป. ถ้า
แม้แสงไม่เดินตามทางตรง เรากงไม่รู้ว่าจะร่วมกันร่มอย่างไรถูก จึงระพันแตก หรือ
เมื่อเราต้องการมองอะไรอย่างหนึ่ง เรากงไม่จำเป็นต้องหันหน้าไปทางนั้น. เรา
จึงอยากสรุปความก่อนทกลงว่า แสงเดินตามแนวตรงเมื่อผ่านเอกมีชนิดมี.

เพื่อให้แน่ใจ เราะทกลงด้วยเครื่องมือง่าย ๆ ดังรูปที่ ๔๓ ค่อไปนี้



รูปที่ ๔๓ แสงเดินตามแนวตรง

หาเทียนไขมาเล่มหนึ่งหรือดวงไฟฟ้าดวงหนึ่งและกระต่ายซึ่งทำฉากสามแผ่น
ชักช่องทรงยาวแคบ พอให้สันไม้เมตรเข้าได้ แล้วทำฐานสำหรับตั้ง วางเรียงทั้งป.
จากเทียนหรือดวงไฟฟ้าแล้วมองแสงสว่างจากช่องเหล่านั้น. เราจะเห็นว่า ถ้าช่อง
ทั้งสามไม่อยู่ในแนวเส้นตรงอันเดียวกันเราจะไม่แลเห็นแสงเทียน. เมื่อเลื่อน
กระต่ายฉากไปมาจนเห็นแสงก็แล้ว ก็ลองเอาไม้เมตรวางพาดลงในช่อง จะเห็นว่า
ช่องทั้งสามอยู่ตรงเป็นแนวเดียวกันอยู่แล้ว

การพิสูจน์ว่า แสงเดินในแนวตรงเมื่อผ่านเอกมัยฉิมนั้น ที่จริงเราทดลอง
อยู่เสมอก่อนเรียนวิชาแสงสว่าง. เมื่อเราไปซื้อไม้บรรทัดเรามักต้อง 'เล็ง' ทุกล่อน.
ทหารยิงปืนก็ต้อง 'เล็ง'. เรา 'เล็ง' เพื่อดูว่าสันไม้ตรงไหม.

สังเกตความ

เราเห็นสิ่งแวตลอมช่วยการรับแสงสะท้อน. เทห์แย่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ
โซติเทห์และโฮติเทห์. มัยฉิมอันเกี่ยวข้องกันหมดที่เราเรียกว่าเอกมัยฉิม แต่
ถ้าเอกมัยฉิมหลายๆ อันมาเรียงกันให้แสงผ่านเราเรียกว่า อนเอกมัยฉิม. มัยฉิม
มี ๓ ชนิด คือ มัยฉิมโปร่งขาว มัยฉิมโปร่งนึ่ง มัยฉิมทึบ. แสงเดินตาม
แนวตรงเมื่อผ่านเอกมัยฉิม. อากาเรตที่เราใช้คือการอาศัยแสงเดินตามแนวตรง
ในเอกมัยฉิม

คำถาม

๑. อะไรเป็นมัยฉิมขณะเมื่อปลาได้น้ำมองคุณมลงปอที่บนอยู่เหนือน้ำ?
๒. จุกเทียนไขชั้น ๑ ดวงในห้องมืด ส่วนไหนของเทียนไขโซติ ส่วนไหน
โฮติ?
๓. เราหลับตาแล้วมีแสงกล่าผ่านหน้าเรา เรารู้สึกไหม? ทำไม?
๔. ในส่วนของเรามีคอกไม้สีต่างๆ เวลามืดแล้วเรายังแลเห็นสีเหล่านั้นออก
ไหม? เพราะอะไร?

บทที่ ๒๖

แสงเดินทางแนวตรง

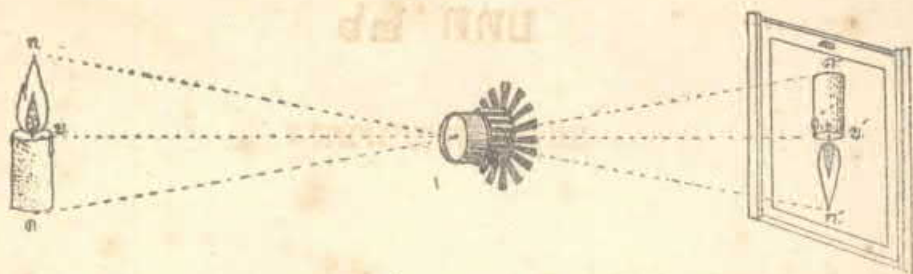
กล้องรูเข็มถ่ายภาพ (รูป ๔๔)



รูปที่ ๔๔

หาหีบใส่ช่องลูกทำด้วยไม้มีฝาปิดเลื่อนได้ หรือมีฉนวนกั้นทำขึ้นให้คล้ายกับรูปที่ ๔๔ ทาสีดำหรือทาเขม่าข้างในทึบทั้งด้านข้าง ด้านหน้า ด้านหลังเจาะรูกลมแล้วเอากระบอกใส่ หากกระบอกอีกอันหนึ่ง เกลาให้เกลี้ยงใส่เข้าไปในกระบอกอันแรกพอดี ปิดปลายกระบอกด้วยตะกั่วหอยหริแล้วเจาะด้วยเข็ม ด้านนี้ให้เรียกว่า ด้านปากกล้อง ด้านตรงกันข้ามมีฝาเลื่อนได้ เรียกว่า ด้านภาพ มีกระดานแก้วข้างหนึ่งหรือกระจกฝ้า ระบายของเกิดเมื่อแสงผ่านเข้ามาจากรูเข็ม

หันปากกล้องไปทางวัตถุที่ค่อนข้างสว่างสักหน่อย จะเป็นต้นไม้กลางแดดหรือบ้านใกล้ ๆ หรือไม้กั้นเทียนไขที่กำลังเจืออยู่ แล้วเพ่งดูที่กระดานหรือแผ่นภาพของวัตถุนั้นปรากฏอยู่เป็นภาพสัณนิษฐานแต่ หกกลับ กัน (รูปที่ ๔๕)

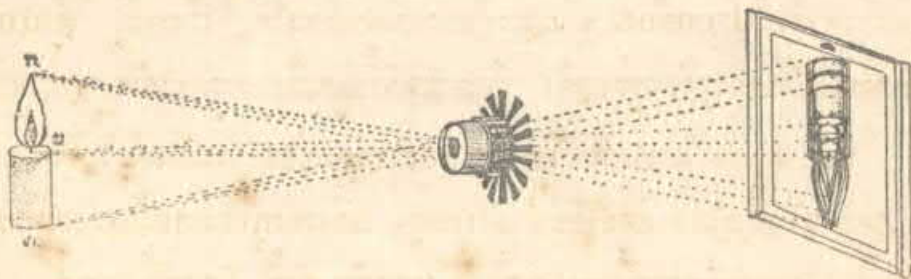


รูปที่ ๔๕ รูเข็มเล็ก

ภาพหักกลับทั้งรูปที่ ๔๕ ก็เพราะแสงเดินทางแนวตรง เช่นแสงจากจุด ก. ของเทียนวัตถุ ผ่านตรงทะลุ ร. ไปปรากฏที่ ก. ตอนล่างของฉาก. แสงจากจุด ข. ปรากฏที่ ค. และจาก ค. ปรากฏที่ ค. แสงจากทุกสมมติใดๆก็ตามจากเทียน ตอนบนแล้วก็จะไปปรากฏตอนล่างของฉาก และจากตอนล่างไปปรากฏตอนบนของฉาก ภาพจึงหักกลับ.

ในการถ่ายภาพจริง ๆ ด้วยกล้องถ่ายภาพก็เช่นเช่นนั้น แต่ที่กระรอกเขาใช้ กระรอกนายหรือฟิล์มแทน. ผู้กดถ่ายถึงแม้จะยืนหรือนั่ง ก็ทำทางค้อย่างไร ภาพในกระรอกหรือในฟิล์มหักกลับหมด. บนเป็นล่าง ล่างเป็นบน ซ้ายเป็นขวา ขวาเป็นซ้าย.

ถ้ารูที่แสงผ่านเขานั้นใหญ่ขึ้น ภาพจะไม่ชัดเข้า จากทุกสมมติ ก. แสงจะผ่านกว้างออกไปกว้าง ทั้งรูป ๔๖.



รูปที่ ๔๖ รูเข็มใหญ่

จากทุก ข. ก็เช่นเดียวกัน. ข้างฝ่ายรูปจะบอกกับเราว่า “ภาพไม่ชัด เพราะปากกล้องกว้างไป”

เราขึ้นอยู่ในร่มต้นไม้ มองดูบนต้นไม้เห็นดวงสว่างกลมๆ เป็นแว่นๆ นั่นคือแสงแดดผ่านลวดของระหวางใบไม้ลงมา. เพราะช่องเหล่านั้นกว้าง แสงลอดผ่าน เป็นลักษณะสว่างและเพราะดวงอาทิตย์มีขนาดใหญ่กว่าช่องใบไม้มากนัก.

ทุกๆ จุดในดวงอาทิตย์และทุกๆ ส่วนในเปลวไฟทั้ง รัศมี ออก และ รัศมี เหล่านี้พุ่งตรงจากจุดรวมเดียวกันแล้วออกไปทุกๆ ทิศ.

เราวางผลมะนาวมาตั้งใบหนึ่ง แล้วหากล้ามพร้าวมาตั้งกลั้วหนึ่ง ปิดลง ทิ้งๆ กันตรงไปยังศูนย์กลางของมะนาวหนึ่ง. รูปแบบจำลองที่เราทำขึ้นนี้จะแสดง ลักษณะของรัศมีของการส่องสว่าง. และที่เราเห็นวัตถุใดก็โดยรัศมีที่ส่องสะท้อน มาทางเรา. เราดูเทียนไว้กลางห้องหนึ่งห้อง แล้วเราไปอยู่ริมห้องข้างไหนก็ตาม เราจะแลเห็นเทียนกลางนั้นเสมอ. มันแสดงให้เห็นว่ารัศมีแผ่ออกทุกๆ ทิศ.

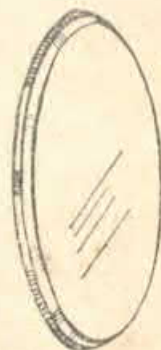
ข้อนี้เราจะพิจารณาการฉายไฟโดยแสงรัศมีลักษณะต่างๆ ด้วยไฟฉาย หรือ ไฟฟ้าเกินทางซึ่งทุกคนรู้จัก. เมื่อดอกไฟฟ้าเกินทางออก พิจารณาแต่ละตอนของไฟ เท่านั้น เราเห็นของ ๓ สิ่ง ก. งานฉาย ข. หลอดไฟ ค. แว่น ดังรูปที่ ๔๗



งานฉาย

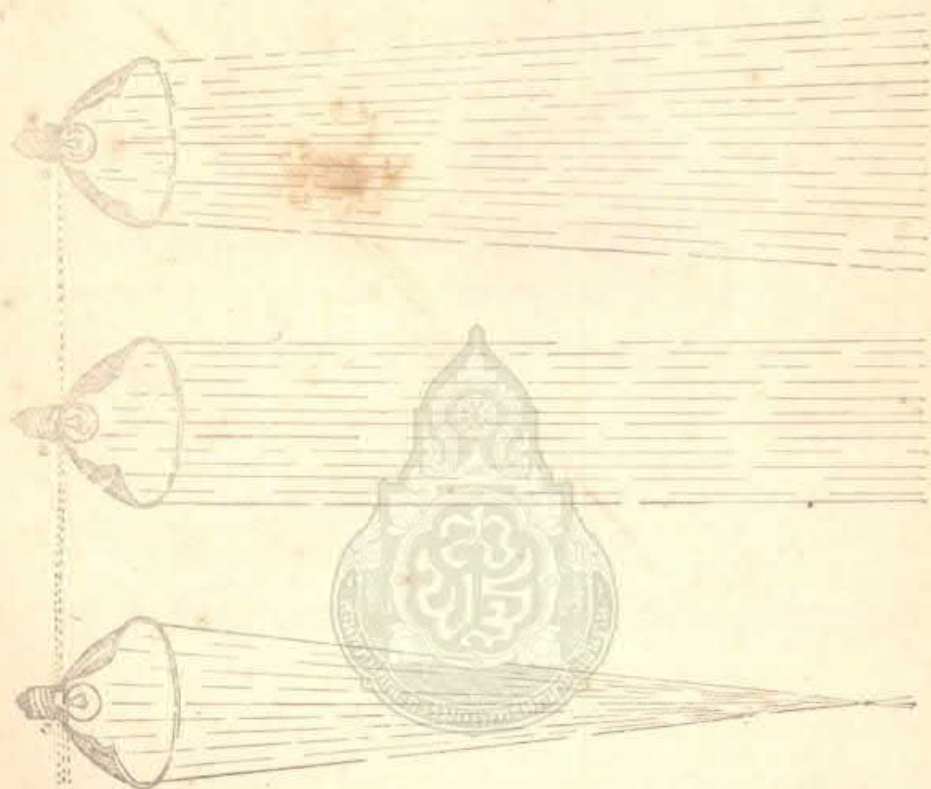


หลอดไฟ



แว่น

ถ้าเราใช้รวมกันอย่างเต็ม แล้วฉายอยู่ในที่มืด เราจะได้ ลำรัศมี อย่างนี้
(รูปที่ ๔๘).



รูปที่ ๔๘

- ก. ถ้าหลอดชกกับงานที่เคียว เราได้ ลำรัศมีถ่าง
- ข. ถ้าหลอดห่างออกมาเล็กน้อย เราได้ ลำรัศมีขนาน.
- ค. ถ้าหลอดห่างออกจากงานอีก เราได้ ลำรัศมีตีบ

ประการการใช้ลำรัศมีถ่างเพื่อให้สว่างทั่วๆกัน ในการฉายไฟเพื่อเราจงหา
วัตถุจำเพาะ เช่นในเวลาสงคราม เขาต้องด้วยลำรัศมีขนานหลายๆลำ. จากที่ฉาย
ใกล้ๆกันไปบนวัตถุนั้น เพื่อให้แสงที่ไปรวมอยู่บนจุดประสงค์เข้ม.

สังเขปความ

กล้องรูเข็มถ่ายภาพ ถ้ามีรูแคบ ภาพชัด ถ้ามีรูกว้าง ภาพพร่าไปหมด.
ถ้าแสงมี ๓ อย่าง ถ้าแสงสว่าง ถ้าแสงชานน ถ้าแสงทึบ.

ทดลอง

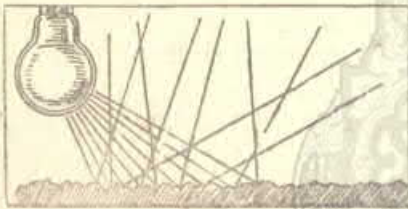
จงลองทำ กล้องรูเข็มถ่ายภาพเอง ด้วยไม้ หรือกระดาษแล้วลองมองทาง
ด้านภาพ.



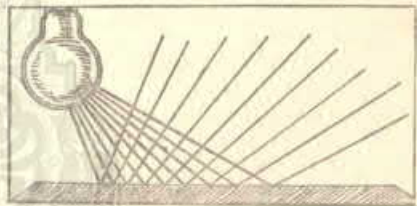
บทที่ ๒๗

วัตถุ—มีชัยมิม—แสงสว่าง (ต่อ)

ถึงกล่าวมาแล้ว เราเห็นวัตถุชนิดที่ไม่แสงในครัวได้ก็เพราะได้รับแสงมาจาก
 ท้อง. บางคราวเมื่อเรานั่งทบทวน หรือ นั่งอยู่ในห้องเรียนมองกระดานดำ แต่
 ไม่แลเห็นตัวหนังสือ. นี่เพราะแสงเข้าตา เราต้องเลื่อนที่สายจึงเห็นตัวหนังสือขึ้น
 แสงเข้าตาด้วยวิธีเช่นแสงสะท้อนจากผิวของหนังสือหรือผิวของกระดาน. ผิววัตถุ
 ใด ๆ ถ้ายังใสยังเย็นมันเลยนก็ยังสะท้อนแสงก็. ในจำพวกอโลหะที่แท้ เช่น ต้นไม้



ก.



ข.

รูปที่ ๔๘ แสงตัวมีชัยมิม

นถ ผิเสื้อ หน้าตาที่สว่างเพี้ยน ๆ เราและตัวเราและวัตถุรอบ ๆ ข้างต่างต้องรับแสงจาก
 บ่อเกิดของแสงเสียก่อน แล้วจึงสะท้อนแสงที่เหลืออกมากเข้ามายังตาผู้มอง. ทั้งนี้
 เราจึงให้ชื่อแสงก่อนแรกที่ออกจากบ่อเกิดไปยังวัตถุว่า แสงตก และแสงก่อนหลังที่
 กระทบมายังตาเราว่า แสงสะท้อน. ผิวที่สะท้อนแสงก็มี ผิวปรอท ผิวน้ำ และ
 ผิวสังกะสี ผิวเงินที่ราบ นอกจากกระจกส่อง. ผิวราบสะท้อนแสงไปทางเดียวกัน
 ดังรูปที่ ๔๘ ข. แต่ผิวขรุขระสะท้อนแสงให้กระจายทั่วไป ดังรูปที่ ๔๘ ก.

วัตถุโปร่งแสงและขรุขระ เช่นกระจกฝ้า มีประโยชน์สำหรับการแต่งเคหะสถาน
 มาก. ห้องที่หน้าต่างและประตูเป็นบานลูกฟักไม้ เมื่อปิดเสียหมดแล้วจะมีทึบเพราะ

ไม่เป็นวัตถุทึบ ไม่ให้แสงผ่านเข้ามาเลย. แต่ถ้ายานแสงตกเป็นกระจกผาหรือกระจก
ขรุขระ ถึงระบิกหน้าต่างและประตูละเอียด แสงก็ยังผ่านเข้ามาและกระจายทั่วไป โดย
ตะเกียงที่ทาด้วยกระจกผา กันแสงเข้าตาเมื่อเรามองดูตรงๆ ไปยังไฟ. กระจกผา



และกระจกขรุขระ จึงมีประโยชน์กันแสงกล้า
และ ทำให้ ฝ้ายหนังที่อยู่ ข้างหลัง ของกระจก
มองทะลุกระจกมาไม่ได้.

กระจกส่องกับแสง. (รูปที่ ๕๐)

“ เทียนดวงหนึ่งตั้งอยู่หน้ากระจกส่อง
เราแลเห็นภาพของ เทียนเหมือนกับเทียนอีก
เล่มหนึ่งตั้งอยู่หลังกระจก มีระยะห่างเท่ากับ
ระยะเทียนตั้งหน้ากระจก การที่ปรากฏแก่

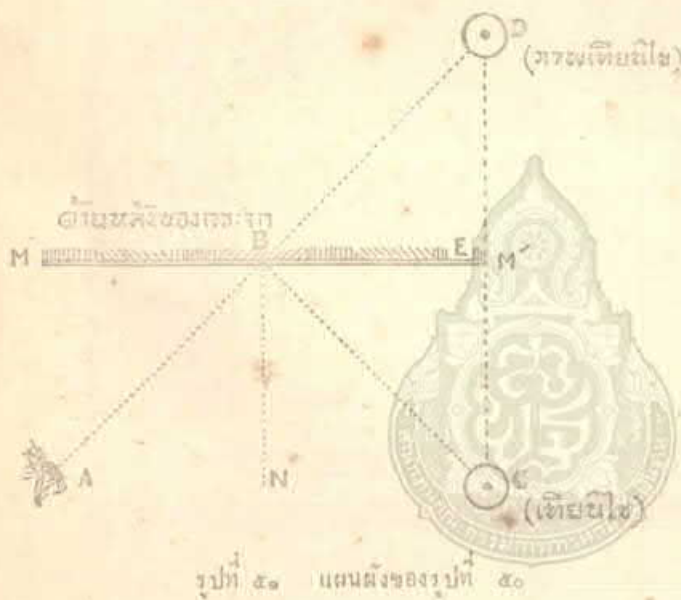
รูปที่ ๕๐

ตาเราเช่นนั้นเพราะรังสีตกจากดวงเทียนเมื่อสัมผัสกระจกก็ผ่านเข้าไปในเนื้อแก้ว แต่
พอถึงผิวปรอทที่เคลือบสะท้อนออกมาเป็นรังสีสะท้อน ดูเหมือนว่าเราเห็นเทียนจริง ๆ หลัง
กระจก. รังสีตกและรังสีสะท้อนคำนวณตามกฎแห่งธรรมชาติดังต่อไปนี้ รูปที่ ๕๑.

สมมติให้ MM' เป็นแผ่นของกระจก วางเรียบเป็นหน้ากระจก วางรอย
เกล็ดกเบื้องหลังกระจก O เป็นทรงเทียนไขตั้งอยู่ A เป็นนัยน์ตามองเห็นภาพเทียนที่ D
ดังนั้นจึงดูเหมือนเห็นเทียนสองเล่ม เล่มหนึ่งเป็นเทียนแท้ อีกเล่มหนึ่งคือภาพ.

รังสีจาก C ไปสัมผัสผิวกระจกเงาที่ B แล้วสะท้อนออกมาทาง A . ถ้า
เราสร้างเส้น BN ที่ B ขนานให้ตั้งฉากกับ MM' และชักเส้นตามแนว CB สลักสอง
เล่ม, BA สลักสองเล่ม เริ่มจาก A ให้เห็นเข็มและภาพเข็ม. จะเห็นว่ามุมทั้งสอง
นี้เท่ากัน และถ้าลากเส้นตั้งฉากกับ MM' จาก C ไปตัดเส้น AB ที่ D . จะ
เห็นว่าช่วง CE เท่ากับ ED .

มุม CBN	เรียกว่า	มุมตก
มุม ABN	"	มุมสะท้อน
เส้น CB	"	วิศิมตก
เส้น BA	"	วิศิมสะท้อน
เส้น BN	"	เส้นปรกติ หรือเส้นตั้งฉาก



ดังนั้นเราจึงได้กฎของการสะท้อนของแสงดังต่อไปนี้ :-

๑. วิศิมสะท้อน เส้นปรกติและวิศิมตกอยู่ในพื้นระนาบเดียวกัน วิศิมสะท้อนอยู่ข้างหนึ่ง และวิศิมตกอยู่อีกข้างหนึ่งของเส้นปรกติ.

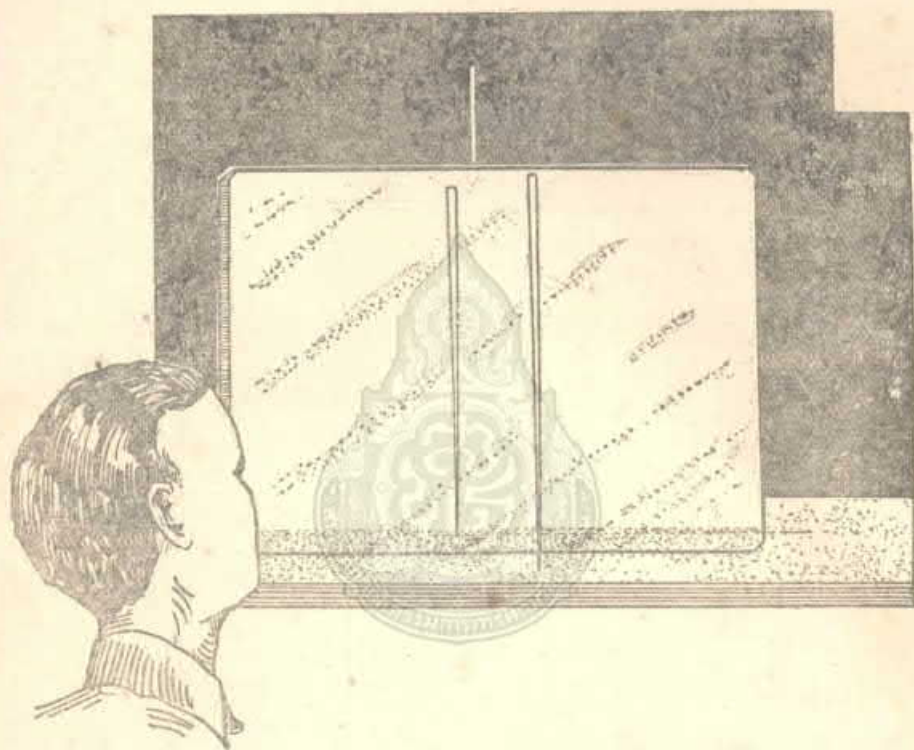
๒. มุมตกและมุมสะท้อนเท่ากัน

ภาพในน้ำขณะเมื่อแว่นตาเรียบและนิ่งยังเกิดตามกฎเช่นเดียวกับภาพในกระจก.

หาระยะภาพโดยวิธี "ปาราลแลกซ์"

หากกระจกสองแผ่นเล็กๆ สอดชิดกันมาวางหนึ่ง (MM') ซ้ำสองเดิม เดิมหนึ่ง D ยาวกว่าส่วนกว้างของกระจก อีกแผ่นหนึ่ง P พอดีกับส่วนกว้างของกระจก. ตั้งกระจกขนานตรงแล้วยกแผ่นขึ้นข้างหน้ากระจก. เราจะเห็นภาพในกระจกเหมือนมีระยะห่างเท่ากับระยะข้างหน้ากระจก. ต่อไปเราจะทดลองให้เห็นว่าระยะหน้ากับระยะหลังเท่ากัน.

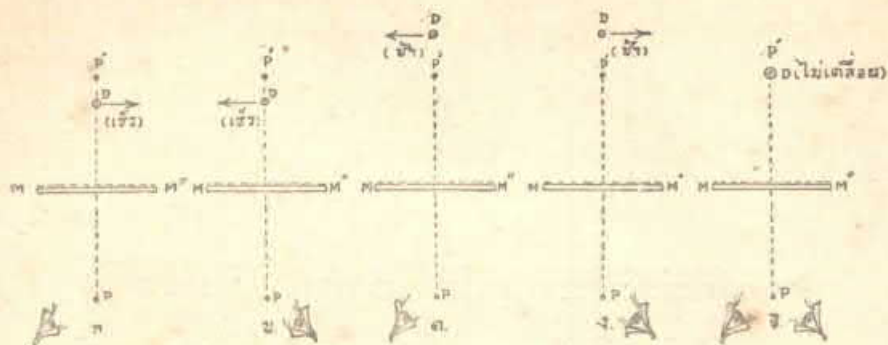
มองดูให้ระกับตาเสมอกับหัวเข็มและภาพ แล้วเล็งปักเข็มเล่มยาวหลังกระจก
ให้อยู่ในแนวตรงอันเดียวกันโดยสังเกตหัวเข็มยาวที่โผล่เหนือกระจก เข็มที่ปัก
อาว ใกล้เคียง หรือ ใกล้เคียง และอาว ถูกที่ คัดได้ รูปที่ ๕๒ แสดงว่าเข็มปัก
ใกล้เคียง.



รูปที่ ๕๒ "ปาราลแลกซ์"

ถ้าเข็มที่ปักหลังกระจกใกล้เคียง เราจะสังเกตเห็นการเหลื่อมกัน ก. ข. คือ
ถ้าเอียงศีรษะมาทางซ้ายหนึ่ง ปลายเข็มสูง D จะเลื่อนไปทางขวาเร็วทั้ง ก.
รูปที่ ๕๓ แสดงท่าน ถ้าเอียงศีรษะไปทางขวา ปลายเข็มสูง D จะเลื่อนไปทาง
ซ้ายทั้ง ก. เลื่อน D ออกไป.

ถ้าเข็มที่ปักหลังกระจกใกล้เคียง เราจะสังเกตเห็นการเหลื่อมกัน ก. ง. คือ
ปลายเข็มสูงทุกเล่มเลื่อนไปทางเดียวกันด้วยศีรษะเราแต่ช้าๆ. เลื่อน D เข้ามา.



วิธีฉายเส้นตรง

รูปที่ ๕๓ แผนผังของปาราลแลกซ์

ถ้าเพิ่มที่บันทึกหลังกระจกได้ที เราเลื่อนศีรษะไปมาตามทำนองเดิมแต่จะเห็นว่า
ปลายเข็ม D คดโค้งค่อจากภาพ P' เหมือนกับเป็นอันเดียวกันทั้ง ๆ

เมื่อเป็นเช่นนั้นแล้ว จงวัดระยะทั้งซ้ายขวาจาก P ไปหาหลังกระจก และจาก
หลังกระจกไปหา D จะแลเห็นว่าระยะทั้งสองนี้เท่ากัน. วิธีหาระยะโดยอาศัยความ
เหลื่อมของภาพกับวัตถุให้ต่อกันสนิทจึงกล่าวกันว่า วิธีปาราลแลกซ์.

สังเกตความ

ผิวเรียบเป็นมันมีสีเป็นเงินหรือปรอท สะท้อนแสงไปทางเดียวกันดีกว่าผิวเรียบ
ขรุขระอื่น ๆ. ผิวขรุขระกระจ่ายแสง.

กฎของการสะท้อนของแสง.

(๑) รศมีสะท้อน เส้นปรกติและรศมีตกอยู่ในพื้นผิวอันเดียวกัน รศมี
สะท้อนอยู่ข้างหนึ่งและรศมีตกอยู่อีกข้างหนึ่งของเส้นปรกติ.

(๒) มุมตกและมุมสะท้อนเท่ากัน.

จากวิธีปาราลแลกซ์ เราได้เห็นว่า ระยะของภาพหลังกระจกสองเท่ากับระยะ
ของวัตถุหน้ากระจกสอง.

คำถาม

๑. ขออธิบายการวัดระยะภาพหลังกระจกโดยวิธีปาราลแลกซ์
๒. เรานั่งเฉยๆให้หลังเพื่อนเราคนหนึ่ง ถ้าเรามีกระจกสองแผ่นหนึ่ง จะวางอย่างไรจึงจะเห็นเขาโดยไม่ต้องมองดูเขา ขออธิบายด้วยรูป.
๓. เราอยากให้อาทิตย์สัณฐานจาก เนินเขาสูง ถึงเพื่อนคนหนึ่งอยู่ที่พื้นราบ ข้างล่างตอนกลางวันเรามีวิธีอะไรบ้าง ?



บทที่ ๒๘

การส่องสว่าง

จะเป็นแสงอะไรก็ตาม ตัวอย่างแสงแห่งธรรมชาติ แสงดวงอาทิตย์ หรือแสงที่ประจักษ์ขึ้นจากความรู้วิทยาศาสตร์ เช่นแสงจากประกายดาว แสงไฟต่าง ๆ แสงโคม แสงตะเกียง ฯลฯ เราต้องกำหนดหามาตรฐาน และมาตรฐานแรกคือ “กัลติกัน” หรือพูดสั้น ๆ ว่า “ควงเทียน.”

เทียนมาตรฐาน

“๑ กัลติกัน” คือ มาตรฐานแห่งการส่องสว่างของแสงทั่วไป เทียนไขที่ใช้เป็นหน่วยมาตรฐานมีขนาดจำเพาะ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๓/๘ นิ้ว ทำด้วยไขในหัวปลาวาฬชนิดหนึ่ง

๑ กัลติกันคือกำลังส่องสว่างที่ได้จากเทียนนั้นเมื่อจุดนาน ๑ ชั่วโมงแล้วต้องสิ้นไขไป ๑๒๐ เกรน หรือ ๗.๗ กรัม รูปที่ ๕๔ เป็นรูปย่อของควงเทียน.

เมื่อพูดถึงไฟที่ใช้ตามบ้าน จะเป็นไฟตะเกียงหรือไฟฟ้าก็ตาม เราว่าไฟดวงนั้นมีกำลังส่องสว่าง ๕ หรือ ๒๐ หรือ ๑๐๐ ควงเทียน แต่เมื่อคำนวณความสว่างของไฟแรงกล้า เช่นไฟฉายหรือเตา ซึ่งมีกำลังส่องสว่างถึง

๑,๓๘๐,๐๐๐,๐๐๐ ควงเทียนเช่นนั้น



รูปที่ ๕๔

แล้ว รู้สึกว่าผลลัพธ์ใหญ่มาก. ถึงอย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์อยากรู้ความจริง อยากวัดสิ่งทั่วๆไป จึงมีผู้ลองคำนวณกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ และได้คำตอบ ๑,๕๗๕ เท็มคันนียอก ๒๔ คันนียกวงเทียน. (๑,๕๗๕ x ๑๐^{๒๕}).

แต่ความเข้มของแสง เท็มมาตรฐาน นั้นไม่ค่อยเที่ยงเสมอไป เพราะบางทีอากาศไม่บริสุทธิ์และความชื้นของอากาศก็เปลี่ยน มาตรฐาน ๑ ดวงเทียน จึงค่อยๆ มีมาตรฐานอื่นๆ ที่เหมาะสมมาแทน. ในฝรั่งเศสเขาใช้ตะเกียง คาเซล มีกำลังส่องสว่างประมาณ ๘ ๑/๒ ดวงเทียน. ในอังกฤษใช้ตะเกียง เป็นเตน เช่นตะเกียงน้ำมัน เช่นเดียวกับตะเกียง คาเซล มีไส้กลม ท้องไขให้ขึ้นเท่ากับความสูงที่กำหนดไว้. ตะเกียงเป็นเตนมีกำลัง ๑๐ ดวงเทียน.

ความเจริญของการส่องสว่าง

ความสะดวกอย่างหนึ่งในชีวิตของคนนักวิทยาศาสตร์นำมาให้กับเราคือ การส่องสว่าง. เราทุกคนถ้าอยู่ไกลจากเมืองใหญ่ก็คุ้นกับการส่องสว่างอย่างโบราณ เช่น การใช้ไขยี่ไต้ หรืออย่างทกตะเกียงน้ำมันและตะเกียงลาน. ครั้นถัดมาเราก็รู้จักใช้ตะเกียงเจ้าพายุ. ตะเกียงชนิดนี้ใช้ลมพัดเข้าไปที่น้ำมันทำให้เขาในหลอดหรือที่น้ำมันกลายเปลี่ยนไขออกมา มีตาข่ายคายซึ่งเกล็ดของโลหะบางอย่าง ครอบอยู่บนมัน และเมื่อเราจุดไขน้ำมันขึ้น ความร้อนของไฟทำให้ตาข่ายเกล็ดโลหะนั้นเปลี่ยนเป็นสื่อนวตให้แสงสว่างดีกว่าตะเกียงน้ำมันธรรมดา.

ในยุโรปและอเมริกาตามแถบที่มิดานหินมาก เขาเอาถ่านหินมาเผาทำกาซอย่างหนึ่งซึ่งไว้ในถังโตๆ คล้ายๆ ถังน้ำ แล้วทำท่อไต่ขึ้นจำหน่ายไปตามบ้านต่างๆ คล้ายกับที่อื่น. ชาวบ้านเอากาซชนิดนี้ใช้หุงต้มและใช้จุดไฟให้แสงสว่าง เขาเรียกว่า “ไฟกาซ”.

ขณะเดียวกันนักวิทยาศาสตร์แผนกไฟฟ้าก็ก้าวหน้า.

ชาวอเมริกันนักวิทยา

ศาสตราจารย์ เฮคคิน ประมาณ ค.ศ. ๑๘๘๐ ได้ลองเอากระแสไฟฟ้าผ่านตามเส้น
ถ่านไม้ไฟในหลอดแก้วสูญญากาศ. ได้ความสว่างที่เท่ากับตะเกียงอื่นๆ. อเมริกา
จึงเริ่มใช้โคมไฟฟ้าแทนไฟก๊าซ. แต่ในยุคเดียวกันนั้นชาวอังกฤษชอบหลอด
ให้กระแสไฟฟ้าผ่าน ตามโลหะ วูลฟรัมใน หลอดสูญญากาศ ก็ได้ความสว่างอีก.
นานาประเทศจึงเริ่มใช้ ไฟฟ้าให้ความสว่างแทนโคมน้ำมันและเทียนตามๆกัน.

ในสมัยปัจจุบันทุกที่คือสมัยเราเอง. เราเห็นการส่องสว่างอีกชนิดหนึ่งจาก
การใช้ก๊าซนีออนและก๊าซอย่างอื่น เขาเอาก๊าซใส่เข้าไปในหลอดสูญญากาศแล้ว
เอากระแสไฟฟ้าผ่าน. ตามร้านโรงต่างๆ นิยมใช้ไฟฟ้าจากก๊าซนีออนและก๊าซอย่าง
อื่นเป็นป้ายโฆษณาสินค้า. ก๊าซนีออนให้สีแดงจ้า และก๊าซอื่นๆให้สีอย่างอื่น. ใน
เมืองใหญ่ๆ เช่น ลอนดอน ปารีส ซิดนีย์ นิวยอร์ก ฯลฯ ที่กรมร้านสินค้าใหญ่ๆ
ใช้การส่องสว่างแบบนี้. ทำให้ภาพเมืองสวยงามมากในเวลากลางคืน.

สังเกตความ

“๑ ดวงเทียน” คือ ความสว่างที่ได้จากเทียนไขทำจากไขปลาวาฬชนิดหนึ่ง
เทียนนั้นมีย่านเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{7}{8}$ นิ้ว. จุดเปลืองชั่วโมงละ ๑๒๐ เกรน
หรือ ๗.๗ กรัม. การส่องสว่างเจริญขึ้นเป็นลำดับ จากกองไฟของคบไฟ. มาเป็น
ไฟก๊าซและไฟฟ้าในหลอดสูญญากาศ. เฮคคิน และ สวอน เป็นผู้คิดไฟฟ้าหลอด.
การโฆษณาสมัยนี้ใช้ ไฟนีออนในหลอดยาวๆ ที่มีก๊าซนีออนและก๊าซอื่นซึ่งอยู่.

คำถาม

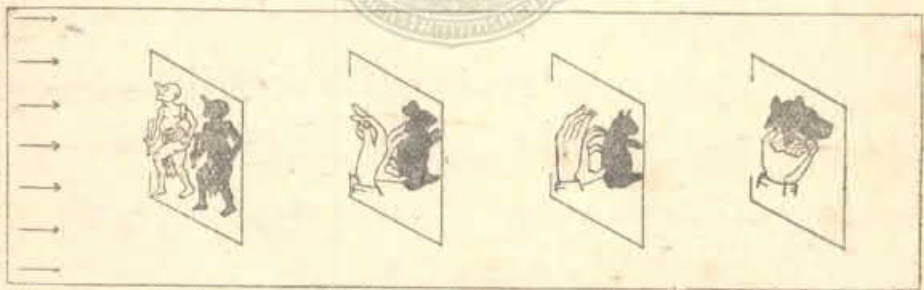
๑. ไฟฟ้าให้ความสว่างสะดวกกว่าไฟตะเกียงอย่างไร ?
๒. ไฟนีออนมีหลอดอย่างไร ทำไมเขาจึงเรียกชื่อนีออน ?
๓. “๑ ดวงเทียน” ไม่เหมาะเป็นมาตรฐานความสว่างในสมัยนี้เพราะอะไร ?
๔. ใส่ตะเกียงเจ้าพายุเป็นอย่างไร ? เวลาใช้ต้องระวังอย่างไร ?

บทที่ ๒๙

แสงสว่างและเงา

เราคงจำได้ว่าผู้ใหญ่อย่าให้เราเล่นเงา. บางคนบอกเราว่า เงาคือผีแสง และเขาเชื่อเช่นนั้นจริง ๆ. เงาเกิดจากเหตุที่ยกกันทางของแสงเสีย. แสงเกินตรงต่อไปอีกไม่ได้. ทางตรงในอากาศก็ทอดออกไปนั้นจึงมี. ส่วนมืดของอากาศนั้น เราเรียกว่า เงา.

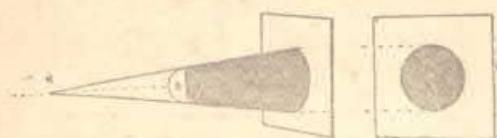
หนึ่งทดลองการเล่นเงา. เราถือกระดาษหรือหนังสือออกเป็นรูปคนแบบ ๆ เป็นอาขี พระราม พระลักษมณ์ กันเขวชลก "อ้ายดำ" แล้วเข้กตัวเหล่านี้ในแสงไฟให้เงาทาบบนจอ. เราก็จ้งเขาเล่าเรื่องและเงาเพี้ยนไปทางจออีกด้านหนึ่ง. เกิดบางคนชอบเล่นเงาเองโดยทำมือในแสงไฟให้เงาเป็นรูปแปลกต่าง ๆ ดังรูปที่ ๕๕.



รูปที่ ๕๕ วัตถุ และ เงา

ชนิดและขนาดของเงา

๑. เมื่อแสงไฟเป็นจุดและวัตถุที่กั้นแสงใหญ่กว่าขนาดไฟ ดังรูปที่ ๕๖
สมมติให้ ฟ. เป็นไฟ และ ล. เป็นลูกกลม เช่นผลส้มเป็นต้น เราจะได้เงา



รูปที่ ๕๖

ชนิด บุรณฉายา ค้ำคัมเป็นวงกลมบน
ฉาก มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุที่กั้นแสง
และลำเงาดำ กังรูปที่ ๕๖.

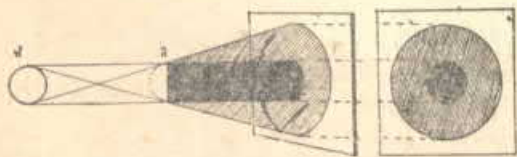
๒. เมื่อแสงไฟเป็นลูกกลมเล็กกว่าวัตถุกั้นแสง (รูปที่ ๕๗)

สมมุติ ฟ. เป็นลูกกลมให้แสงทุก ๆ ทิศจากผิวของมัน. จากทุก ๆ จุดที่ ฟ.
เรลากเส้นแสงพาด ล. ได้สองเส้น. ทั้งนั้นชนฉากด้วยเงาเงาเรได้ เงากลม
สองวงทักกัน วงในค้ำคัม วงนอกทรงกลมขยหนึ่ง. วงมีคัมในเป็นเงา บุรณฉายา
(แปลว่าเงาล้วน) และวงนอกเงาทางเป็นเงา อุปฉายา (เกือบเป็นเงา).

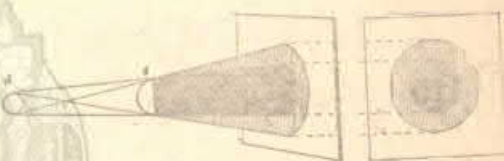
ถ้าเราสำรวจจากฉากซ้ายใน
เขตเงาทาง เราจะได้เห็นว่า จาก
ทุก ๆ จุดหนึ่งในเขตค้ำคัม ถ้ามองใน
ระดับเหนือของ ล. เพียงเล็กน้อยเรา

ยังเห็น ฟ. แต่ถ้ามองเข้าหาตอนกลางของ ฟ. เรดล ล. กันเสีย. ลำเงาบุรณฉายา
และอุปฉายาเป็นกรวยผายสวนกัน กังรูปที่ ๕๗.

๓. เมื่อแสงไฟกับวัตถุกั้นแสงมีขนาดเท่ากัน



รูปที่ ๕๘



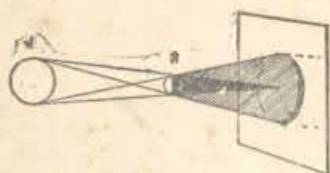
รูปที่ ๕๙

ฟ. และ ล. เท่ากันทั้งในรูปที่ ๕๘
สำรวจทางเดินอย่าง ชัดก่อนจะเห็นมี
บุรณฉายาขนาดออกไปไกลไฟเป็นแกน
ของอุปฉายา ซึ่งเป็นกรวยผายรายนอก.

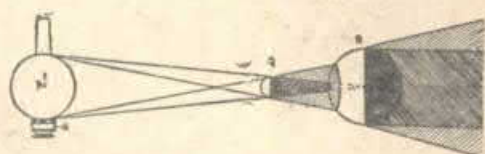
๔. เมื่อแสงไฟใหญ่กว่าวัตถุกั้นแสง

เมื่อเข้าใจในข้อค้ำคัมแล้ว มองรูปที่ ๕๘ ก็จะเข้าใจง่ายขึ้น. การบังเกิด

เงา แบบหนึ่งที่ทำให้บังเกิดสุริยคราสและจันทรคราส. รูปที่ ๖๐ แสดงให้เห็นว่า
บนผิวลูกโลกที่รับเงานั้น มีทั้งบริเวณฉายาเป็นจุด และอุปฉายาเป็นวงกลมมรอบๆ. รูป
ที่ ๖๐ เป็นแบบตัวอย่างเพื่อแสดงสุริยคราสในห้องเรียน.



รูปที่ ๕๘



รูปที่ ๖๐

ความมืดประจำวันเกิดจากการหมุนรอบตัวของโลก. ทุกๆขณะครึ่งหนึ่งของ
โลกจะอยู่ในเงาของอีกครึ่งหนึ่ง. ทุกๆขณะจะมีเช้าครึ่งแห่งหนึ่งและย่ำค่ำแห่งหนึ่งใน
โลก และสองค่ายังตั้งอยู่ที่ยอดขั้วของโลก. ทิศเราพลบค่ำทั่วทุก.

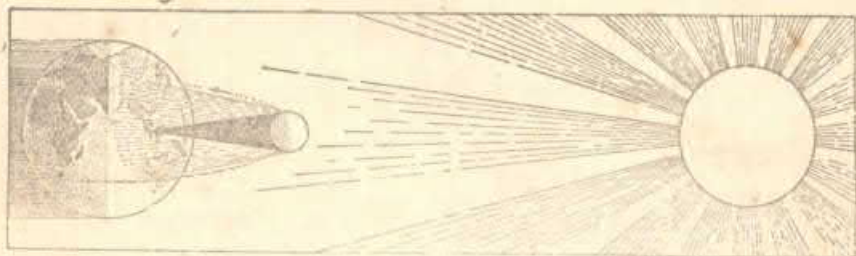
สุริยคราสและจันทรคราส

คราส คือการบังแสงที่เกิดจากการหมุนเวียนของดวงจันทร์รอบดาวเคราะห์.
โลกมีดวงจันทร์หนึ่งดวง. เมื่อใดที่ดวงจันทร์มาคั่นขวางแสงอาทิตย์เสีย เราก็เรียก
ว่า สุริยคราส และเมื่อใดที่ดวงจันทร์หมุนเข้าไปในเงาของโลก ถูกเงาโลกบังแสงจันทร์
เสีย เราก็เรียกว่า จันทรคราส. โคจรของดวงจันทร์เกือบอยู่ในระนาบเดียวกัน
กับของโลก. ดังนั้นการบังเกิดคราสจึงไม่เป็นระยะเวลาอย่างถูกต้อง. แต่
เมื่อใดที่ดวงจันทร์ทั้งสองทับกัน เมื่อตรงนั้นเกิดคราส. รูปต่อไปนี้แสดง สุริยคราส
และ จันทรคราส.

สุริยคราส (รูปที่ ๖๑)

เมื่อดวงจันทร์มาบังแสงแดดเสีย ดวงจันทร์มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับขนาดของ
ดวงอาทิตย์. ดังนั้นจึงเกิดอุปฉายาเป็นกรวยมีปลายจดที่โลก. ส่วนอุปฉายา

นั้นมีเขตกว้าง. โลกหมุน ขวัญฉายา จึงเป็นทางผ่านแถบของโลกต่างเวลา
สรียคราสเกิดตามภูมิ คนทั้งโลกไม่เห็นทั่วกัน.



รูปที่ ๖๑

จันทรคราส (รูปที่ ๖๒)

สำหรับจันทรคราส เงาของโลกอีกดวงจันทร์ตอนใดตอนหนึ่ง คนในแถบกลาง
คืนจึงเห็นทั่วๆ กัน. รูปแสดงดวงจันทร์ลงตำแหน่ง “ราหูเริ่มอม” “ราหูอม
หมด” “ราหูคาย” ตามภาษาชาวบ้าน.



รูปที่ ๖๒

สังเกตความ

เงาคือส่วนของอากาศที่อยู่หลังสิ่งทึบแสง และที่ไม่ได้รับแสง. เงามีสอง
ชนิด คือ ขวัญฉายา (อัมบรา) อุปฉายา (เพนอัมบรา) ในเขตที่ขวัญฉายาไม่
เห็นแสงเลย. ในเขตที่อุปฉายายังเห็นแสงได้ตามขอบของสิ่งทึบแสง.

คำถาม

๑. งงอธิบายว่าบรรณฉายากับ ๑๒ฉายา^๑ยังเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีขนาด
อย่างไร เมื่อค่อยๆ เลื่อนฉากเข้าใกล้วัตถุยังแสงที่เล็กกว่าผู้ให้แสง?
๒. วัตถุอาภรณ์^๒มีลักษณะเป็นอย่างไรบ้าง เพื่อให้มีบรรณฉายา บนฉากรับเงา เป็น
วงกลม?
๓. เอาเส้นผมซึ่งเข้าใกล้กระต่ายขาวได้ไฟ แล้วสังเกตก็เป็นเงาคำ แต่
เมื่อยกเส้นผมห่างจากกระต่าย เงาก็หายหายไป งงอธิบาย.
๔. เงาบนพื้นดินเสาสงๆ เป็นอย่างไร? งงลองศึกษาให้เข้าแนวที่ควรเป็น.



หมวด ๕ เคมี

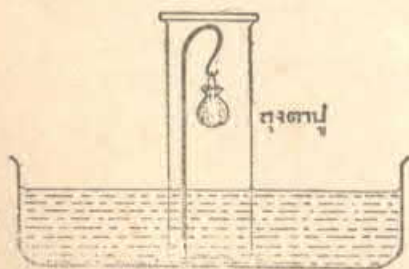
บทที่ ๓๐

อากาศ

อากาศ เทำที่ใดเรยนรู้แล้วเป็น สสาร มีน้ำหนักและบรรจุในอวกาศ สสาร
ที่ประกอบเป็นอากาศนั้น อยู่ในสถานะที่เป็นกาซ ซึ่งเราอาจเปลี่ยนแปลงเป็นของเหลวและ
ของแข็งได้. เรารู้กันมานานแล้วว่า อากาศที่อยู่รอบตัวเราประกอบด้วยภาค ๒ ภาค
และอย่างนั้นยังมีกาซอยู่ ๒ ชนิด ภาคทั้ง ๒ ของอากาศนี้มีคุณภาพต่างกัน ซึ่งเรา
แสดงให้เห็นจริงได้โดยการทดลอง.

การเป็นสนิมของเหล็ก

หาครอยแก้วมาใบหนึ่ง (กระบอกแก้วหรือขวดโหลก็ได้) คว่ำปากครอบลง
ในน้ำในอ่างใบหนึ่ง ภายในครอยแก้ว จะเคียวรมาตรของอากาศที่จำกัดแยกออกจาก
อากาศภายนอก โดยน้ำกันไว้ หากผะใบเหล็กหรือตะปูเหล็ก มาห้อยด้วยฝ้ายขึ้น
แซ่ห้อยเหล็กให้ขึ้นทั่วเสียก่อนแล้วจึงการแขวนห้อยไว้ในครอยแก้ว โดยใช้ลวดหรือ



รูปที่ ๖๓ การเป็นสนิมของเหล็ก

จะผลกัยแท่งแก้วนี้ไว้ให้พินน้ำได้ ตั้งรป
ที่ ๖๓ ปล่อยทิ้งไว้ ๒-๓ วันให้เหล็กนั้น
เกิดเป็นสนิม เมื่อได้เวลาแล้ว จะเห็นว่า
ระดับน้ำภายในครอยแก้วสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนั้น
แสดงว่า ส่วนหนึ่ง ของอากาศ ใช้ ไป เสีย แล้ว

ถ้าทิ้งไว้ให้นานต่อไปจะเห็นว่าระดับน้ำภายในครอบแก้ว เมื่อสูงขึ้นถึงที่สุดของมันแล้ว จะไม่สูงขึ้นต่อไปอีก ในการวัดอย่างละเอียดจะเห็นว่า ระดับน้ำในครอบแก้วจะไม่สูงขึ้นต่อไป เมื่อนำเข้าไปแทนที่ ๑ ใน ๕ ของอากาศที่อยู่ในชั้นเดิมในครอบแก้วนั้น ถ้าคลิกท่อผดระคายเหล็กจะเห็นว่า แม้จะมีสนิมอยู่มากก็จริง แต่ยังมีเหล็กเหลืออยู่บ้าง ที่ไม่เป็นสนิม.

จากการทดลอง พอจะตีความได้ว่า (๑) ในการเป็นสนิม เหล็กใช้อากาศไปเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ที่รู้ว่าเป็นแต่เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เพราะเหล็กที่ใส่เข้าไปยังไม่เป็นสนิมมีเหล็กอยู่ (๒) เมื่อเกิดเป็นสนิมแล้ว ภาชนะที่เหล็กลอยอยู่โดยไม่โต้โต้ไป เป็น ๔ ใน ๕ ส่วนของอากาศที่อยู่ในเดิม ถ้าในชั้นแรก เราซึ่งเหล็กก่อนแล้วซึ่งเหล็กที่เป็นสนิมอีกครั้งหนึ่ง จะเห็นว่าควรลดลง มีน้ำหนักมากกว่าครั้งแรก ฉะนั้นในการเป็นสนิม เหล็กรวมกับส่วนหนึ่งของอากาศเท่านั้น และภาชนะมีอยู่ ๑ ใน ๕ ส่วนของอากาศทั้งหมด.

จากผลของการทดลองจึงเห็นได้ว่า อากาศนั้นประกอบด้วย ๒ ภาชนะก๊าซอย่าง น้อยอยู่ ๒ ชนิด ภาชนะที่ช่วยในการเป็นสนิมของเหล็ก เรียกว่า “อากาศไว” มีอยู่ ๑ ใน ๕ ส่วนของอากาศทั้งหมด และอีกภาชนะหนึ่ง คือส่วนที่เหลืออยู่เป็น ๔ ใน ๕ ของอากาศเรียกว่า “อากาศเฉื่อย”

สมบัติของภาคอากาศที่เฉื่อย

เมื่อแรกค้นพบอากาศ “อากาศเฉื่อย” นักวิทยาศาสตร์ได้ลองเอาหิน นก กระรอกและสัตว์ชนิดที่มีขนาดเล็ก ให้เข้าไปอาศัยอยู่ในอากาศภาคที่เฉื่อยนั้น เพื่อลองดูว่าจะเป็นอย่างไรบ้าง ปรากฏว่า เมื่อใส่เข้าไปในไม่ช้า สัตว์นั้นตาย ฉะนั้นนอกจากจะไม่ช่วยในการเป็นสนิมแล้ว ภาชนะที่เฉื่อยนี้ ยังไม่ช่วยให้สัตว์มีชีวิตอยู่ได้.

อากาศ “อากาศเฉื่อย” เวลานี้เรารู้แล้วว่าเป็นก๊าซชนิดหนึ่ง เรียกว่า “ไนโตรเจน” ถ้าเอาชุดที่ลุดอยู่ใส่ลงในไนโตรเจน ชุดนั้นจะดับทันที หรือถ้าใช้เทียนไข

ทุกตุลกลอย ไล่ลงในในโครเน จะเกิดผลเช่นเดียวกัน คือเทียบโซนระดับพื้นที่ สมบัติของในโครเน ที่รู้แล้ว (๑) มีอยู่ ๔ ใน ๕ ส่วนของอากาศ (๒) ไม่ช่วยให้เหล็กเกิดเป็นสนิม (๓) ไม่ช่วยชีวิต (๔) ไม่ช่วยให้สิ่งต่างๆ ลุกไหม้ได้.

เมื่ออากาศตามปกติ ทำให้เหล็กเกิดเป็นสนิม เชื้อชีวิตให้ดำรงอยู่ได้ และส่งเสริมการลุกไหม้ สมบัติเหล่านี้ของอากาศ ต้องมีอีกภาคหนึ่ง ที่เรียกว่า "ภาคที่ไว" เป็นปัจจัยอยู่ เพราะสมบัติของในโครเนนั้น แม้สมบัติของอากาศปกติที่รู้จักอยู่ ฉะนั้นเราจะต้องศึกษาคุณภาพ หรือสมบัติของอากาศภาคที่ไวต่อไป.

อากาศภาคที่ไว

เมื่อเราปรอทมาเผาในภาชนะที่มีอากาศจำกัดอยู่ เผาไปเรื่อยๆ เป็นเวลาหลายวันจะเห็นว่าปรอทจะเปลี่ยนเป็นแท่งแข็ง ส่วนหนึ่งของอากาศ รวบรวม ๑ ใน ๕ ในภาชนะนั้นจะหายไป การทดลองนี้จะทำด้วยตนเองได้ยาก เพราะซับซ้อนและยากในเชิงปฏิบัติ แต่ได้มีผู้ลองทำแล้วหลายรายด้วยกัน และได้ผลดังกล่าวนั้น แท่งแข็งนี้มีลักษณะคล้ายสนิมเหล็ก และเกิดขึ้นโดยวิธีการอย่างเดียวกัน เราอาจจะเรียกได้ว่าเป็นสนิมปรอท ประกอบขึ้นด้วยปรอท รวมกับ "ภาคที่ไว" ของอากาศ.

เอาสนิมปรอทซึ่งเป็นแท่งแข็ง มาเผาในหลอดทดลอง (การใช้สารนี้ให้ระมัดระวังเพราะเป็นพิษ) เมื่อเผาไม่ช้า จะเห็นหยากปรอทเกาะอยู่ตอนบนที่เย็นของหลอด เมื่อการเป็นเช่นนั้น เราสันนิษฐานว่า แท่งนั้นแยกออกเป็นปรอท และหากว่าเป็นจริงดังนั้นแล้ว อากาศภาคที่ไว ควรจะออกมาทางหลอด เมื่ออากาศตามปกติช่วยให้สารลุกไหม้ไปได้ โดยเหตุที่มีอากาศภาคที่ไวอยู่ ฉะนั้นถ้าได้อากาศภาคที่ไวอย่างล้วนๆ แล้ว น่าจะส่งเสริมการลุกไหม้เป็นอย่างดี ฉะนั้นถ้าสอบโดยเอาขุขี้ตึกไฟอยู่ แห้งลงไปตรงปากหลอดที่ใช้เผาสนิมปรอทอยู่ จะเห็นว่า ขุขี้ตึกไฟลุกอย่างสว่างไสว เป็นจริงดังที่คาดไว้.

ภาคที่ไวของอากาศนี้ คือก๊าซชนิดหนึ่ง เรียกว่า ออกซิเจน.

ส่วนประกอบของอากาศ

จึงเห็นได้แล้วว่า อากาศประกอบด้วยก๊าซ ๒ ชนิด คือ ไนโตรเจน และ ออกซิเจน ไนโตรเจนมีอยู่ ๔ ใน ๕ ส่วนของอากาศ มีคุณภาพดีเยี่ยม ไม่เอื้อชีวิตและการลุกไหม้และไม่ทำให้เหล็กเป็นสนิมได้ ออกซิเจนนั้น เป็นส่วนอยู่ ๑ ใน ๕ ส่วนของอากาศ เป็นก๊าซที่ไวมาก ทำให้เหล็กและปรอทเป็นสนิมได้ ช่วยในการลุกไหม้เป็นอย่างดีและเป็นสิ่งที่จำเป็นของชีวิต จึงเห็นได้ว่า การเป็นสนิม การลุกไหม้ และความเป็นไปภายในของสัตว์และพืช ล้วนอาศัยคลั่งกันอยู่มาก โดยเหตุที่ต่างก็ต้องใช้ออกซิเจน ที่มีอยู่ในอากาศเป็นกันเหตุ

สังเกตความ

๑. อากาศ ประกอบด้วย ๒ ภาค อย่างน้อยมีก๊าซอยู่ ๒ ชนิด.
๒. เหล็กเป็นสนิมก็ และสารลุกไหม้ในอากาศก็ เป็นด้วยก๊าซที่มีอยู่ ๑ ใน ๕ ส่วนของอากาศ เป็นภาคที่ไวของอากาศ เป็นส่วนที่จำเป็นของชีวิตด้วย.
๓. เมื่อเผาสนิมปรอท จะได้ปรอท และออกซิเจนเกิดขึ้น.
๔. อากาศ ประกอบด้วยก๊าซ ๒ ชนิด คือ ไนโตรเจน และ ออกซิเจน.

คำถาม

๑. จงอธิบายการทดลอง เพื่อแสดงการเป็นสนิมของเหล็ก ข้อสังเกตจากการทดลองนั้นอะไรบ้าง?
๒. อากาศ ประกอบด้วยก๊าซที่สำคัญอะไรบ้าง เราจะแสดงให้เห็นได้อย่างไรว่า ก๊าซหนึ่งประกอบอยู่เป็น ๔ ใน ๕ ส่วนของอากาศทั้งสิ้น.
๓. สมบัติของไนโตรเจน มีอะไรบ้าง?

๑๑ บทที่ ๓๑

ผลึก

สารบางชนิด เช่น คีนปริสสิว และ รุนส์ ละลายในน้ำอุ่นหรือน้ำร้อนได้ดีกว่าในน้ำเย็นมาก ถ้าเอาสารทั้งสองมาละลายในน้ำร้อนจนเป็นน้ำยาเข้มข้น แล้วปล่อยให้เย็นลง ปรากฏจะเป็นอย่างไรบ้าง? ในปริมาณเท่ากันแล้ว น้ำเย็นละลายสารได้ไ้่มากเท่ากับน้ำร้อน ฉะนั้นเมื่อน้ำยาเย็นลง สารที่ละลายอยู่ก็แยกออกจากน้ำยามารวมกันเป็นก้อนๆ.

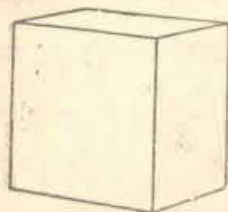
น้ำยาอิมตัว

จงหาน้ำมาจำนวนหนึ่ง ปริมาณไม่ควรให้มากนัก จักการต้มเสียให้เดือด ใส่หินสที่ขยี้ไว้ละเอียดลงไปให้น้ำร้อนให้ละลายเข้าไปที่ละน้อย ในระหว่างเวลาละลายนั้น ทำให้น้ำนั้นร้อนอยู่โดยไม่ปล่อยให้เย็นลง ละลายเรื่อยไป จนกว่าจะถึงขีดที่หินสไม่ละลายต่อไปได้อีกแล้ว คงมีหินสเหลือค้างนอนก้นอยู่ข้างตอนล่าง น้ำยาในลักษณะนี้ไ้ใช้สารไวเคมท์แล้ว เรียกว่า น้ำยาอิมตัว.

การตกผลึก

เมื่อได้น้ำยาอิมตัวที่รอนของ รุนส์แล้ว รินน้ำยาที่เป็นสีน้ำเงินใสลงบนลงในภาชนะอีกใบหนึ่ง ปล่อยให้เย็น เพื่อสังเกตปรากฏการณ์ต่อไป จะเห็นถึงที่สันนิษฐานไว้แต่แรก สารที่ตกละลายจะจับกันเป็นก้อนแยกออกจากน้ำเย็น สองแคระเอาเกล็ดของ รุนส์ที่เก็บขึ้นมาสองสามเกล็ด แล้วตรวจด้วยแว่นขยาย จะเห็นรูปพรรณสัณฐานนั้นไ้ระเบียบ มีพื้นหน้าเรียบเป็นพื้นราบ เกล็ดเหล่านี้เรียกว่า ผลึก ของ รุนส์ ส่วนหนึ่งของสารที่ละลายในน้ำยานั้น ตกผลึก จากน้ำยา ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การตกผลึก.

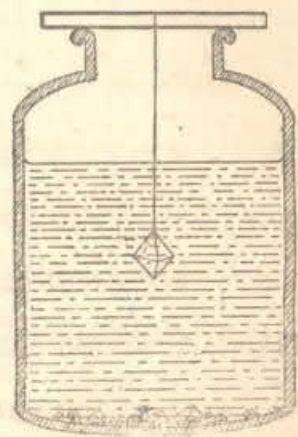
ถ้าใช้น้ำอัดมั่วของรูปนี้ แล้วใส่ในถัง เพื่อช้อนให้ระเหยไปช้าๆ ผลึกที่โคนกระเบื้องจะงอกขึ้นมากใหญ่คล้ายนิลขนาดใหญ่ที่เจียรในไว้ พยายามจะเห็นด้วยตาเปล่าได้ก็ชี้ว่าเป็นพื้นวอยทกกัน จะสังเกตได้ต่อไปอีกว่า สัณฐานของผลึกจะเป็นเกล็ดเล็กหรือเกล็ดใหญ่ก็ตาม จะมีลักษณะเดียวกัน แต่ตรงในการวัดอย่างละเอียด เห็นว่าเหลี่ยมในลักษณะเดียวกันของผลึกของรูปอื่น มีมุมเท่ากันหมด ผลึกของสารอื่นก็เช่นเดียวกัน เช่นเมื่อตรวจผลึกของเกลือธรรมดาด้วย



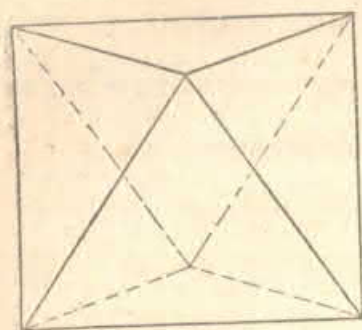
แว่นขยาย ผลึกทุกเกล็ด มีลักษณะเป็นเหลี่ยมลูกบาศก์ (จากรูปที่ ๖๔) มุมระหว่างพื้นหน้าหรือเหลี่ยมบน เป็นมุมฉาก ผลึกของรูปนี้แม้ไม่ใช่เหลี่ยมลูกบาศก์ แต่ก็มีสัณฐานที่แน่นอนเหมาะ.

รูปที่ ๖๔ ผลึกของเกลือธรรมดา
การเติบโตของผลึกของสารส้ม

ผลึกที่แท้จริงงาม เราพอทำได้จากสารส้ม ผลึกของสารส้มสัณฐานคล้ายขี้ระมิกมีฐานประกบกัน ทั้งแสดงไว้ในภาพ หากสารส้มมาละลายน้ำแล้วทำยาให้ร้อน ละลายต่อไปจนสารส้มละลายต่อไปอีกไม่ได้แล้ว จะได้น้ำยาที่ขมขื่นของสารส้มปล่อยให้เย็นลง เทน้ำยาที่ใสออกใส่ขวดโหลที่สะอาด เอาผลึกของสารส้มสองสามเกล็ดใส่ลงในขวดโหลนั้น หากผลึกที่เป็นขึ้นในขวด เลือกลูกผลึกที่เห็นงามทรงงามที่สุดมาเกล็ดหนึ่ง ผูกหรือติดผลึกนั้นด้วยเส้นผมหรือหางม้าเส้นหนึ่งก็ได้ หากเข็มไม้มาวางขวางปากขวด แล้วใช้เข็มนำแว่นผลึกติดกับเส้นผมนั้นไว้ในน้ำยา กระว่าผลึกแขวนอยู่ตรงกลางน้ำยา



รูปที่ ๖๕ ปลูกผลึกของสารส้ม



รูปที่ ๖๖ ผลึกของสารส้ม

เมื่อเสร็จแล้วเก็บขวดไว้ในที่ที่ไม่มีอะไรมารบกวนได้ คอยสังเกตทุกวัน ราว ๒ สัปดาห์ ผลึกจะโตขึ้น (จะได้ผลึกของก้อนใหญ่) ผลึกที่ใช้เป็น “ตัวล่อ” ถ้าในชั้นแรกมีลักษณะงามแล้ว ผลึกที่ปลูกขนานจะมีขนาดใหญ่ และลักษณะจะเห็นได้อย่างชัดเจน เป็นยระมีพื้นฐานประกบกัน ถึงรูปที่ ๖๖.

ผลึกคืออะไร

ผลึกเท่าที่ใครเคยมาแล้วมีลักษณะดังต่อไปนี้ (๑) เป็นก้อนแข็ง (๒) มีพื้นหน้าราบ (๓) มีเหลี่ยมจากที่ระหว่งพื้นหน้า (๔) ในสภาพที่เหมาะสม จะจับกันเป็นก้อนโตขึ้น ฉะนั้นเราให้นิยามของผลึกใดก็ตาม ผลึกคือสารที่เป็นก้อน ก่อตัวขึ้นโดยธรรมชาติ ประกอบด้วยพื้นหน้าราบ มีเหลี่ยมและมุมที่จำกัด และจะพอกจับกัน จนมีขนาดใหญ่ขึ้นในสภาวะอันเดียวกันนั้น ในภาวะที่เหมาะสมต่อการพอกของผลึก. (เช่นภาวะที่กล่าวแล้วในการเลี้ยงผลึกของสารส้ม)

สังเขปความ

๑. นำยาที่ละลายในสารไว้เต็มๆ ที่อุณหภูมิหนึ่ง เรียกว่าน้ำยาอิ่มตัวอุณหภูมิหนึ่ง.
๒. เมื่อปล่อยให้ยาอิ่มตัวที่ร้อน ให้เย็นลง สารที่ละลายอยู่จะจับกันเป็นผลึก.
๓. วิธีการ เมื่อส่วนหนึ่งของสารในน้ำยา จับกันเป็นผลึก เรียกว่า การตกผลึก.

๔. ผลึก คือสารที่เป็นก้อน คุณสมบัติพื้นฐานขึ้นโดยธรรมชาติ ประกอบด้วย
พันธะร่าย มีเหลี่ยมและมุมที่จำกัด พอกจับกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้นใน
สัณฐานอันเกี่ยวกันนั้นในภาวะที่เหมาะสมต่อการพอกของผลึก.

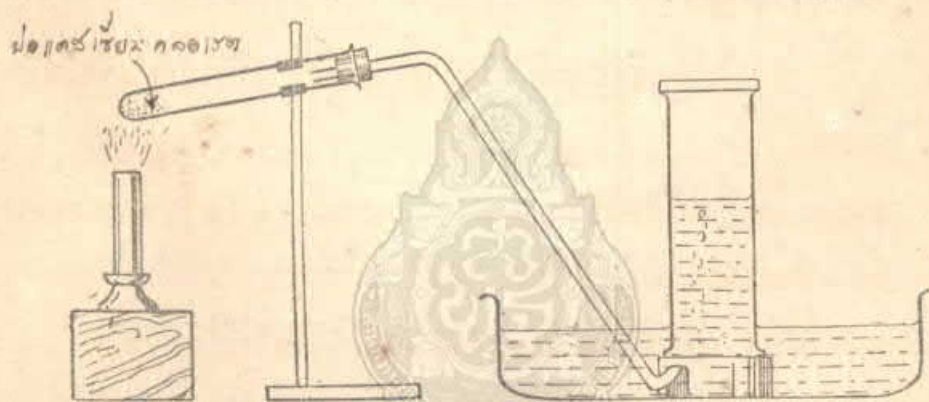
คำถาม

๑. น้ำยาอ้อมตัวของสารใดสารหนึ่ง คืออะไร? เองอธิบายวิธีทำน้ำยาอ้อมตัว
ที่เย็นของสารส้ม.
๒. ผลึก คืออะไร? อธิบายพื้นที่ใช้ในการก่อสร้าง ทำไมจึงไม่ถือว่าเป็น
แบบผลึก?
๓. สิ่งเหล่านี้มีแบบผลึกหรือไม่ (๑) น้ำตาลทราย (๒) น้ำตาลกรวด
(๓) ก้อนสอพอง (๔) ถ่านไม้ (๕) น้ำแข็ง?
๔. ภาวะที่เหมาะสมต่อการตกผลึกของสารส้มนั้น มีอะไรบ้าง?

บทที่ ๓๒

ออกซิเจน

เรารู้แล้วว่าออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีกำเนิดอยู่ในอากาศ ออกซิเจน ที่ทำมาเป็น
สินค้านั้น ใช้วิธีกลั่นจากอากาศ แล้วอัดไว้อย่างแน่นในท่อเหล็ก เมื่อแรกค้นพบ
ได้จากการเผาสนิมปรอท แต่ต่อมาเห็นว่าสารอื่น เช่น โพแทสเซียมคลอเรต เมื่อ
เผาก็ให้ออกซิเจนเป็นจำนวนมากกว่า จึงเป็นสารที่ใช้กันมากในการเตรียมออกซิเจน



รูปที่ ๖๓ วิธีเก็บออกซิเจนโดยวิธีแทนที่น้ำ

การเผาโพแทสเซียมคลอเรต

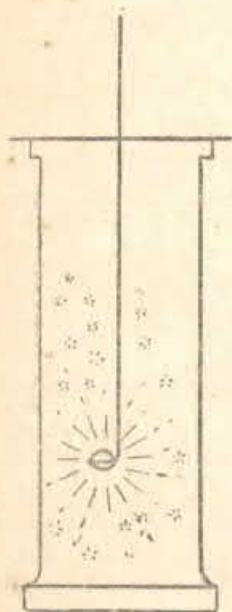
โพแทสเซียมคลอเรตเป็นของแข็งสีขาว ใช้กันเป็นยาอมแก้ชักเสียในลำคอ
สารนี้เมื่อออกซิเจนประกอบอยู่ตามน้ำหนักร้อยละ ๔๐ เอาโพแทสเซียมคลอเรตใส่ลงใน
หลอดทดลองเป็นจำนวนเล็กน้อย เผาหลอดจนแล้วสังเกตการเป็นไป ในขั้นแรก ผลึก
จะยุบและลั่นอยู่ในหลอด แต่ในไม่ช้าจะหลอมตัวเป็นของเหลวใส ของเหลวนี้นั้นคือ
โพแทสเซียมคลอเรตที่หลอมไว้ ถ้าเผาค่อยไปอีก ของเหลวนี้จะเกิดมีควันคล้าย
เกือก แต่แท้จริงหาใช่เป็นการเกิดไม่ เพราะก๊าซที่เห็นผลออกนั้น คือ ออกซิเจน
ซึ่งพิสูจน์ให้เห็นได้โดยใช้ขี้ปุกไว้ แหย่ลงไปตรงปากหลอด ขี้ปุกนี้จะลุกไหม้ลง

เมื่อเผาไปแคสเซียมคลอไรด์ สารนี้จะแตกตัวหรือสลายออก ให้ออกซิเจนและสารสี
ขาว ในการเผาสนิมปรอท ก็ไ้เขียนแล้วว่า การสลาย ย่อมเกิดขึ้นเช่นเดียวกับ
ไ้ปรอทและออกซิเจนเกิดขึ้น.

การเตรียมออกซิเจน (ครูปีที่ ๖๗)

หากรูบกรูมาออกหลอดทดลอง จากบนท่อหลอดแก้วยาวลงในอ่างน้ำ ถึง
แสดงในภาพ เผาไปรมแคสเซียมคลอไรด์ใส่ไว้ในหลอด จักการเก็บออกซิเจนที่ออก
มานั้น โดยใช้วิธีให้เข้าแทนที่น้ำในกระบอกแก้ว ถ้ามีเครื่องมือครบ ควรเตรียม
ออกซิเจนเก็บไว้ในกระบอกแก้วหลาย ๆ กระบอก เพื่อตรวจคุณสมบัติ ของก๊าซนี้ให้
ละเอียดต่อไป.

สมบัติของออกซิเจน



รูปที่ ๖๘ ถ่านลูกใหม่
ในออกซิเจน

หาถ่านไม้ก้อนเล็กมากชิ้นหนึ่ง เผาให้ลุก แสงก็เสียด
ก่อน แล้วใส่เข้าไปในกระบอกแก้วที่มีออกซิเจนบรรจุอยู่ ถึง
รูปที่ ๖๘ ถ่านจะลุกไหม้อย่างรวดเร็ว ในเวลาเดียวกัน
อาหารมีประกายเกิดขึ้นเมื่อไฟมอดลง จะเห็นว่าถ่านนั้นหายไป
เหลือแต่เป็นกากอยู่ ภายในกระบอกแก้วจะมีก๊าซที่ไวส์ค้างอยู่
ก๊าซนี้หาใช่เป็นออกซิเจนไม่ เพราะถ่านนำเอาอุปที่ไฟลุกอยู่ใส่
ลงไป ถ่านนี้จะดับทันที ก๊าซนี้เป็นสารใหม่ต่างออกไป เกิด
ขึ้นจากการรวมของถ่าน (คาร์บอน) กับออกซิเจน เรียกว่า
คาร์บอนไดออกไซด์ ในโอกาสต่อไป จะได้เขียนเรื่อง
ละเอียดของก๊าซนี้ แต่ในระยะนี้ สมบัติของคาร์บอนไดออกไซด์
ที่พอจะศึกษาได้ทันที คือ ถ้าเอาน้ำปูนใสเล็กน้อย ใส่ลงใน
กระบอกแก้วที่เราใช้ทดลองเผាถ่านในออกซิเจนในการทดลองที่แล้วมา เมื่อเขย่าน้ำ

ปนในแก้ว จะขึ้นขึ้นขึ้น กริยาที่ทำให้มันขึ้นนั้น เป็นสมบัติของการบอบไตออกไซค์
เราใช้วิธีอื่นเพื่อสอยลูกาชน เพราะกาชสามัญอื่น ๆ จะไม่ทำกริยาเช่นนั้น.

ถ้าทำการทดลองที่แล้วมาซ้ำอีกโดยเอาด้านเผาในออกซีเจน แล้วเอาการบอบ
ไตออกไซค์ที่เล็กขึ้นในแก้วนั้นเขย่าเข้ากัน น้ำยาที่ได้นั้น จะมีสมบัติต่างไปอีก คือ
สามารถจะเปลี่ยนสีน้ำเงินของสารที่เรียกว่า ลิเทียม เป็นสีแดงได้ (ออกซิเจนก็
พอใช้แทนลิเทียมได้) สารจำพวกที่เปลี่ยนสีน้ำเงินของลิเทียมเป็นสีแดงได้ เรียกว่า
กรด ฉะนั้น เมื่อการบอบไตออกไซค์ละลายในน้ำ จะเกิดเป็นกรดขึ้น กรดนี้เรียกว่า
กรดการบอบไต.

ต่อไปลองเผากำมะถันในออกซีเจนในทำนองเดียวกัน กำมะถัน (ซัลเฟอร์)
เป็นสารสีเหลือง เป็นก้อนเปราะมาก ทำให้ในท้ายที่สุดมีภูเขาไฟ เมื่อภูเขาไฟระเบิดได้
ในอากาศ เอากำมะถันมาก้อนหนึ่ง ใส่ลงในช้อนเหล็ก ภูเขาไฟได้ลุกเล็กน้อย แล้ว
ใส่ลงในออกซีเจนในกระบอกแก้ว กำมะถันจะลุกได้อย่างดี มีเปลวไฟเป็นสีน้ำเงิน
อ่อนๆ เมื่อกำมะถันลุกไหม้ไปแล้ว จะเกิดมีก๊าซพิษอยู่ในแก้ว เรียกว่า ซัลเฟอร์
ไดออกไซด์ ถ้าเอาน้ำมาเขย่าในกระบอกแก้วนั้น น้ำยาที่ได้จะเปลี่ยนสีน้ำเงินของ
ลิเทียม เป็นสีแดงได้ทันที น้ำยานี้มีลักษณะเป็นกรด เรียกว่า กรดซัลเฟอร์รัส.

ออกไซด์

ทำการทดลองที่แล้วมา เราเห็นว่าด้านและกำมะถันเมื่อลุกไหม้ไปในออกซีเจน
เกิดเป็นสารใหม่ขึ้น สารใหม่นี้เกิดขึ้นโดยการรวมของสารนั้นกับออกซีเจน สาร
จำพวกนี้เรียกว่า ออกไซด์ วิธีการเมื่อออกซีเจนเข้าร่วมกับสารอื่น เรียกว่า การ
เติมออกซีเจน การลุกไหม้ของด้านและกำมะถันที่เราได้เห็นแล้ว จึงเป็นตัวอย่าง
ของการเติมออกซีเจน สันนิษฐานว่า ประเภทย่อยของออกไซด์ออกซีเจน จึง
ก็เป็นออกไซด์ของปรอท เข้าอยู่ในจำพวกออกไซด์.

ออกไขคนั้น มีหลายชนิดด้วยกัน จำแนกไว้โดยใช้พยักหน้าในภาษาลาติน หรือภาษากรีก ประกอบชื่อของออกไขเหล่านั้น เช่น ไดออกไข หมายถึง สอง และไตรออกไข หมายถึง สาม เป็นต้น ความแตกต่างของออกไขต่างๆ นั้น ไม่เป็นข้อที่เราควรกังวลในทันที ออกไขของง่ามและของก้ามระกัน เมื่อละลายน้ำต่างก็เกิดกรดขึ้น ข้อนี้ในครั้งก่อนทำให้คิดเห็นว่า ออกซิเจนเป็นตัวการในการเกิดกรด ชื่อ “ออกซิเจน” หมายความว่า “ผู้ให้กำเนิดกรด” จึงได้มาโดยเหตุนี้.

ออกซิเจนในอากาศ

ออกซิเจนที่เป็นส่วนอยู่ ๑ ใน ๕ ส่วนของอากาศนั้นเป็นภาคที่ไว ทำให้เหล็กเป็นสนิม ช่วยในการลุกไหม้ และเชื้อชีวิตให้เป็นอยู่ วิธีการทั้ง ๓ นี้ จัดว่าเป็นการเติมออกซิเจนได้ ออกซิเจน ถึงแม้ว่าจะเชื้อชีวิตก็จริงอยู่ แต่ออกซิเจนอย่างบริสุทธิ์นั้น ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศสำหรับหายใจ เพราะจะเร่งให้ร่างกายทำงานอย่างรวดเร็ว ในบางโอกาสจำต้องใช้ออกซิเจนอย่างล้นๆ เช่นในการ รักษาปอดอักเสบ เป็นต้น เพื่อประทุกันไข้ให้มีชีวิตอยู่ มนุษย์และสัตว์นั้น ขึ้นต่อการหายใจอากาศที่มีไนโตรเจนเจือปนอยู่ เป็นเวลานานแล้ว ควรเปลี่ยนไปโดยใช้หายใจอากาศที่มีออกซิเจนล้วนๆ นั้น ย่อมทำไปไม่ได้.

สังเขปความ

๑. ออกซิเจน ที่เตรียมเป็นจำนวนมากไว้เป็นสินค้านั้น ได้มาจากอากาศ ถ้าต้องการออกซิเจนเป็นจำนวนน้อย เราใช้เฉาะออกไขของปรอท หรือไปแท่งเชื่อมคัลโครเรท.
๒. สารที่ได้จากการรวมกัน ออกซิเจนนั้น เรียกว่า “ออกไข” และวิธีการนี้เรียกว่า “การเติมออกซิเจน”
๓. ออกไขหลายชนิด เมื่อละลายน้ำจะเกิดกรดขึ้น.
๔. กรดนั้น เปลี่ยนสีน้ำเงินของ ลิทมิส ให้กลายเป็นสีแดงได้.

คำถาม

๑. เราจะเตรียมออกซิเจนได้โดยวิธีใดบ้าง? จงกล่าวสมบัติของออกซิเจน.
๒. จงให้ข้อสังเกต เมื่อถ่านและกำมะถันลุกไหม้ในออกซิเจน.
๓. อธิบายวิธีใช้เพื่อพิสูจน์ (ก) การบวมโตของไฮโดรเจน (ข) กรรก.
๔. การเติมออกซิเจน หมายความว่าอะไร? ให้ตัวอย่างด้วย.



๘ บทที่ ๓๓

การลูกไหม้

เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นแห่งใด ผู้คนก็แตกตื่นกันไปซื้อเป็นการเอิกเกริก ต่างก็รู้สึกพิศวงและหวาดทวนในอำนาจอันศักดิ์สิทธิ์ที่เผาผลาญสิ่งต่างๆ ให้สิ้นไป. ในวันนี้ก็ยกดูคนที่มีการตกแต่งโคมไฟ ต่างคนก็พากันไปดู “ไฟ” ด้วยความรื่นเริง.

การลูกไหม้ของเชื้อเพลิง

สารที่ใช้สำหรับเผาและลูกไหม้ได้ เช่น ไม้แห้ง ถ่านไม้ ถ่านหิน ถ่านโค้ก แอลกอฮอล์ และน้ำมันต่างๆ เรียกกันว่า “เชื้อเพลิง” เชื้อเพลิงเหล่านี้ประกอบด้วย ถ่าน และส่วนมากด้วยกัน มีไฮโดรเจน ประกอบอยู่ด้วย จะแสดงให้เห็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงที่ใช้กันมากไว้เป็นลำดับๆ ในการวางต่อไปนี้:—

เชื้อเพลิง	ส่วนประกอบ
ถ่านไม้	ส่วนมากเป็นถ่าน
ถ่านหิน	ส่วนมากเป็นถ่าน
ถ่านโค้ก	ส่วนมากเป็นถ่าน
ไม้แห้ง	ประกอบด้วยถ่าน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน
น้ำมันซีโล	} จากน้ำมันหิน ประกอบด้วยถ่าน และ ไฮโดรเจน
น้ำมันก๊าส	
น้ำมันเบนซิน	
แอลกอฮอล์	ประกอบด้วย ถ่าน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน
โซเทือน	ประกอบด้วย ถ่าน และ ไฮโดรเจน
จงสังเกตเชื้อเพลิงสามัญทุกชนิดไปว่า ประกอบด้วยถ่าน	

เราเข้าใจได้แล้วว่า การลูกไหม้นั้น สารที่ลูกไหม้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เช่น

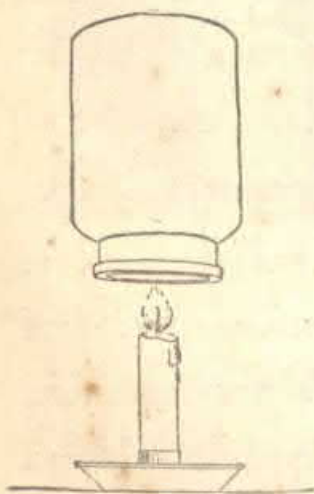
ถ้าหลอดใหม่ได้เป็นอย่างดีในออกซิเจน เกิดการบวมโตออกไซดขึ้น ในอากาศปรกติ
 ถ่านหลอดใหม่ได้เรื่อย ๆ เช่นเดียวกัน แต่เชื่อยกว่า และเกิดการบวมโตออกไซดเช่น
 เดียวกัน ไฮโดรเจน ที่เห็นแล้วว่า มีประกอบอยู่ในเชื้อเพลิงหลายชนิดนั้น เป็น
 ก๊าซชนิดหนึ่ง ไม่มีสี เมื่อจุดไฟจะลุกได้เป็นอย่างดี เกิด ออกซิเดของไฮโดรเจน
 ขึ้น ออกซิเดของไฮโดรเจนนี้ คือ น้ำ นั่นเอง ฉะนั้นสารประกอบด้วยถ่าน เมื่อ
 ถูกไฟไหม้จะเกิด การบวมโตออกไซดขึ้น และถ้ามี ไฮโดรเจนเป็นส่วนอยู่ในเชื้อเพลิง
 ด้วยแล้ว น้ำจะเกิดขึ้นด้วย ในปฏิกิริยาที่เกิดการบวมโตออกไซดและน้ำในการลุก
 ไหม้นั้น ความร้อนจะเกิดขึ้น และเนื่องด้วยเหตุนี้ สารที่กล่าวดังนี้จึงใช้เป็นเชื้อเพลิง

การลุกไหม้ของไม้

เอาตะเกียบไม้ ๒-๓ ชิ้น จุดไฟให้ลุกแล้ว
 ใส่เข้าไปในขวดโหลใบหนึ่ง เมื่อไหม้หมดลงแล้ว
 สังเกตไอน้ำที่เกาะอยู่รอบขวดโหลภายใน เทน้ำปูน
 ลงในขวดจนแล้วเขย่า น้ำปูนจะข้น แสดงว่าการบวม
 โตออกไซดเกิดขึ้นอยู่ในขวดนั้น

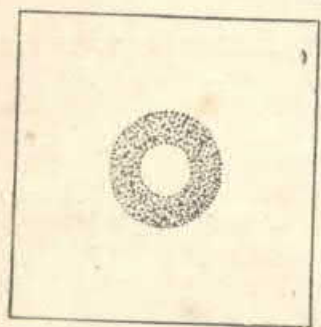
การลุกไหม้ของเทียนไข

หาเทียนไขมาเล่มหนึ่ง จุดไฟดู เมื่อเทียนไข
 รุกที่ ๖๘ ไอน้ำที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ขวด
 เทียนจะเกิดขึ้น. (๒) สารที่ประกอบเป็นเทียนจะค่อยหมดไป (๓) ความ
 ร้อนและแสงสว่างจะเกิดขึ้น. ถ้าเอาถ้วยแก้วแห้งสะอาดครอบไว้เหนือเปลวไฟ
 แก้วนั้นจะมี มีไอน้ำเกาะอยู่รอบแก้วภายใน ถ้าใช้ขวดโหลแทนถ้วยแก้วจะได้ไอน้ำ
 เกาะเช่นเดียวกัน ทุกรุกที่ ๖๙ เมื่อครอบลงแล้ว เอาออกจากเปลวไฟเสียโดยเร็ว



เขื่อน้ำฝนใส่ลงในขวดโหล แล้วเขย่า น้ำฝนระขึ้นขาว แสดงว่ามีคาร์บอนไดออกไซด์
เกิดขึ้นพร้อมกันกับเมื่อไอน้ำระเหยออกมานะ.

ในการกลุ่ใหม่ของเทียนไขนั้น คบประกว่าเราทำลายไขไปเสีย แท้จริงเรามีไข
ทำลาย แต่ไขนั้นเปลี่ยนเป็นสารใหม่ขึ้น คือไอน้ำ และ คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อ
มันถึงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีอยู่ทุกขณะทั่วโลก นานกว่าจำนวนของคาร์บอน
ไดออกไซด์ที่เข้าไปในอากาศวันหนึ่งๆ นั้น คงเป็นจำนวนมากอยู่ ชื่อนี้จะคงพิจารณา
ในภายหลัง.



รูปที่ ๗๐

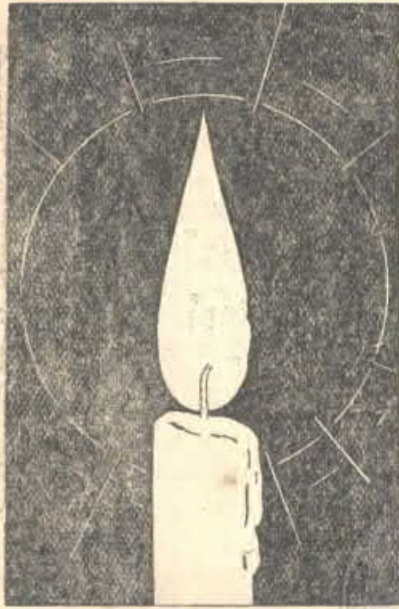
เปลวไฟ

ในการกลุ่ใหม่เช่นการกลุ่ใหม่ของเทียนไข
เราสังเกตเห็นที่เป็นข้อหรือพวงไฟได้ เรียกกันว่า
เปลวไฟ คือตอนที่ก๊าซกลุ่ใหม่ เปลวไฟบางรายมี
ของแข็งอยู่ด้วย แต่ก็มีก๊าซกลุ่ใหม่ที่เป็นเปลว
เมื่อก๊าซกลุ่ใหม่ ก๊าซนั้นทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

ในอากาศ ฉะนั้นเปลวไฟขนาดที่ใหญ่หน่อยมีลักษณะเป็นโพรงเนื่องด้วยเหตุว่า ก๊าซ
ภายในที่อยู่ตอนกลางรับเอาอากาศภายนอกไม่ถึง จึงกลุ่ใหม่ได้ ชื่อนี้พอแสดงให้เห็น
ได้โดยเอากระดาษแข็งแผ่นหนึ่งกลุ่บนเปลวไฟของ เทียนไขจน เกือบถึงใต้เทียน
ก่อนที่กระดาษจะไหม้ ยกกระดาษนั้นออกเสียจะเห็นว่ามีเขม่ารับบนกระดาษเป็น รูป
วงแหวน ตอนกลางมีรูคาวอยู่ ดังรูปที่ ๗๐ รอบนอกของเปลวนี้ มีการกลุ่ใหม่
มากกว่าตอนกลาง.

แม้สารที่กลุ่ใหม่ได้เป็นของแข็งหรือของเหลวแล้ว ก่อนที่จะกลุ่เป็นเปลวไฟได้
จะต้องเปลี่ยนเป็นก๊าซเสียก่อน เช่นเมื่อจุดเทียนไข ในขั้นแรกความร้อนระหลอมไข
ที่ติดอยู่ก็ให้เทียนบางส่วนจะเกิด ก๊าซหรือไอที่เกิดขึ้นจะกลุ่ ความร้อนที่เกิดขึ้น

มีมากพอที่จะหลอมไขรอบไส้เทียนเป็นน้ำตาเทียน ส่วนหนึ่งของน้ำตาเทียนจะซึมเข้าไปในไส้เทียนแล้วเกิดในเปลวต่อไป กังรูปที่ ๗๑ โดยวิธีนี้ ทำให้เกิดมีความร้อนขึ้นเรื่อย ทำให้เปลวไฟนั้นลุกอยู่ได้ตลอดไป.



รูปที่ ๗๐

เปลวไฟเทียนไข

ในเปลวไฟเทียนไข ถ้าสังเกตต่อไปให้ถี่ จะเห็นว่าแบ่งออกได้เป็นพระนมไฟ ๓ ชั้นด้วยกัน กังรูปที่ ๗๒ (๑) พระนมใน ประกอบด้วยไขของไขที่ไม่ลุก (๒) พระนมกลางเป็นตอนท่อนแยกออก มีผงดำอยู่เล็กน้อย จึงทำให้เปลวสว่าง (๓) พระนมนอก คือตอนผิวนอกของเปลวไฟ ซึ่งเห็นไต่ย้าก ตอนนี้เป็นตอนท่อนและไฮโดรเจนลุกไหม้เป็นการบอกลอกไขและน้ำ ตอนเบื้องล่าง จะเห็นมีเปลวสีน้ำเงินแลอยู่.

สังเขปความ

๑. เชื้อเพลิง สามัญที่ใช้กัน เป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน และบางชนิดมีไฮโดรเจนประกอบด้วย.
๒. เมื่อเชื้อเพลิงเช่นไม้และไขลุกไหม้ จะเกิดการบอกลอก ออกไขและน้ำ เกิดขึ้น.



รูปที่ ๗๑

๓. เพลวไฟ คือการที่ถูกไหม้ เพลวไฟของเทียนไขแบ่งออกได้เป็น ๓ ตอน

คำถาม

๑. เชื้อเพลิงมีความหมายว่าอะไร? จงให้ตัวอย่างของเชื้อเพลิงรวมตัวที่ใช้กัน.
๒. เมื่อเชื้อเพลิงถูกไหม้ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง? จะพิสูจน์ให้เห็นได้อย่างไร?
๓. จงให้ข้อสังเกตต่างๆ เมื่อจุดเทียนไข และเมื่อเทียนไขนั้นถูกไหม้.
๔. เพลวไฟ คืออะไร? จงเขียนภาพแสดงเปลวไฟต่อไปนี้: เทียนไข, ตะเกียงลาน และไฟกาซ.



หมวด ๖

แม่เหล็ก-ไฟฟ้า

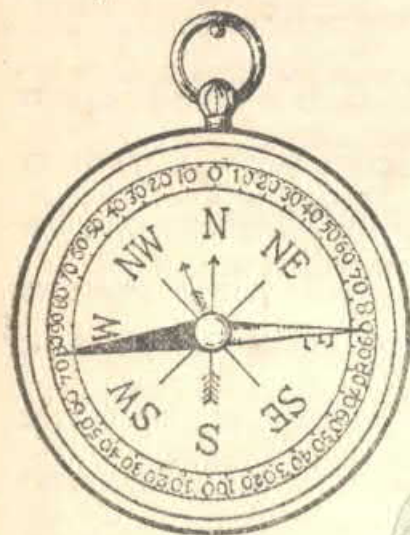
บทที่ ๓๔

เข็มทิศ

เมื่อดำเนินถึงเข็มทิศแล้ว ทุกคนคงจะเข้าใจว่า เป็นอะไร หรือไม่ก็คงทราบ
ว่า สำหรับใช้ทำอะไร เข็มทิศก็คือเครื่องมือสำหรับแสดงทิศทางๆ ให้เราทราบว่า
เรากำลังเดินทางไปทางทิศไหน เข็มทิศที่ใช้ในการเดินป่าหรือที่เรียกว่าเข็มทิศ
สำหรับกระเป๋านักเดินป่าๆ หาซื้อได้ตามร้านขายของเข้กเตล็ดทั่วไป อย่างถูกๆพอ
ใช้ไ้ราคาราว ๒๕ สตางค์เท่านั้น เข็มทิศชนิดนี้กล่าวนำด้วยแท่งแม่เหล็กเล็ก ๆ
บาง ๆ ที่ตรงกลางมีขั้วติดปลายแหลมขึ้นไว้ เพื่อให้แกว่งหรือหมุนไปมาใน
ระดัพนวบไ้คล่อง ไ้แม่เหล็กนั้นผ่านกระดาษบอกทิศทางๆ เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ
เช่น N (North) คือทิศเหนือ. S (South) ทิศใต้. E (East) ทิศตะวันออก.
W (West) ทิศตะวันตก. N.E. (North-East) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.
S.E. (South-East) ทิศตะวันออกเฉียงใต้. N.W. (North-West) ทิศตะวันตก
เฉียงเหนือ. S.W. (South-West) ทิศตะวันตกเฉียงใต้. นอกจากทิศทางๆนี้แล้ว
ยังมีทิศทางๆลงไปอีก แม่เหล็กและแผ่นกระดาษบอกทิศทางๆนี้อยู่ในกล่อง
ทองเหลืองมีกระบอกเป็นหน้าปัทม์ (ดังรูปที่ ๗๓)

ปลายเหนือของแม่เหล็กเข็มทิศมักจะทำเป็นปลายลูกศร หรือไม่ก็ทำด้วยลวด
มีตัวอักษร N บอกไว้ ปลายเหนือนี้จะชี้ไปทางทิศเหนือเสมอ ไม่ว่ากล่องเข็ม
หมุนหรือแกว่งไปในลักษณะใด ๆ ก็ตาม แต่ว่าถ้ามีสิ่งกีดขวางแม่เหล็กอยู่ใกล้เคียงเข็ม
ทิศนั้นปลายเหนือของเข็มทิศจะเบี่ยงเบนไปจากทิศที่ถูกต้องไ้ การที่เป็นเช่นนี้
เพราะ เกิดมีการดึงดูดขึ้นระหว่างเข็มทิศซึ่งเป็นแม่เหล็กและสิ่งของที่เป็นเหล็กนั้น

และแรงคนเองเป็นเหตุทำให้เข็มทิศผิดเพี้ยนไป ฉะนั้นในการใช้เข็มทิศเราจึงควรระวังอย่าให้มีแม่เหล็กหรือภาชนะใด ๆ ที่เป็นเหล็กอยู่ใกล้เคียงกับเข็มทิศในเวลาที่เราใช้ทิศทาง ๆ ที่เราต้องการ.



รูปที่ ๗๓

เมื่อเราเรียนรู้ถึงเรื่องเข็มทิศข้างแล้ว เรายังมีข้อสงสัยอยู่อีกข้อหนึ่ง คือ ทำไมปลายเหนือของแม่เหล็กเข็มทิศจึงชี้ไปทางทิศเหนือของโลกเสมอ มีแรงเคลือบแฝงอันใดอยู่หรือที่มาคอยดึงดูดแม่เหล็กเข็มทิศให้ปลายเหนือชี้ไปแต่ทางนั้น แรงเคลือบแฝงซึ่งมาดึงดูดแม่เหล็กเข็มทิศนั้นก็มิวัง ๆ ทั้งที่เราสงสัย

คือเป็นแรงดึงดูดของแม่เหล็กโลก โลกที่เราอยู่นั้นว่าเป็นแม่เหล็กอันใหญ่โตอันหนึ่ง ซึ่งมีขั้วเหนืออยู่ทางทิศเหนือ แต่ว่าขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกมีไคอยู่แห่งเดียวกันกับขั้วโลกเหนือทางภูมิศาสตร์ คืออยู่ที่แหลมบูเอียเฟลิกซ์ (Boothia Felix) ทางเหนือสุดของประเทศแคนาดา ราว ๆ เส้นรุ้ง ๗๔ องศาเหนือ และเส้นแวง ๙๖ องศาตะวันตกของกรีนิช (Greenwich) ในประเทศอังกฤษ. ขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกนี้ผู้ที่พบคนแรกก็คือ กัปตันเจมส์ คลาร์ก รัสส์ (Captain James Clark Ross) ในปี ค.ศ. ๑๘๓๑ และได้กล่าวไว้อีกครั้งหนึ่งโดยกัปตัน อามุนด์เซน (Gapt. Amundsen) เมื่อค้นหาคิวเวอรันเอง.

เนื่องด้วยปลายเหนือของเข็มทิศชี้ไปแต่ทางเหนือเสมอ ดังกล่าวมาแล้ว เข็มทิศจึงเป็นประโยชน์ในการเดินเรือหรือการสำรวจท้องที่ต่าง ๆ มาก. ลูกเรือทุกคนควรจะมีที่ติดตัวไปด้วยเสมอในคราวเดินทางไกล ไปแรมคืนหรือการท่องเที่ยวใด ๆ เพื่อจะได้ตรวจดูทิศทางว่าเราเดินทางไปที่ใด และถ้าจะต้องการเดินทางกลับโดย

ถ้าพริกก็สามารถกลับได้โดยดกต้ง โดยใช้เข็มทึคเป็นเครื่องช่วยชีทาง. นอก
จากนั้นแล้วเข็มทึคยังมีประโยชน์สำหรับตรวจว่า สายไฟฟ้าจะมีกระแสไฟฟ้าเกินหรือ
ไม่ โดยวางเข็มทึคให้ขนานกับสายไฟฟ้า ถ้ามีกระแสไฟฟ้าเกิน เข็มทึคจะเบี่ยงเบน
ไปทางหนึ่ง แทนที่จะขนานกับสายไฟฟ้าเส้นนั้น และยังมีประโยชน์สำหรับตรวจว่า
ปลายข้างไหนของแม่เหล็กเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ ขั้วใดของแม่เหล็กจะถูกปลาย
เหนือของเข็มทึค และขั้วเหนือของแม่เหล็กจะผลักปลายเหนือของเข็มทึค.

สังเกตความ

๑. เข็มทึคทำด้วยแท่งแม่เหล็กเล็ก ๆ ซึ่งปลายชี้ไปทางทิศเหนือและทิศ
ใต้เสมอ.

๒. เข็มทึคจะชี้ทิศใต้ไป เมื่อแม่เหล็กหรือภาชนะใด ๆ ที่เป็นเหล็ก อยู่
ใกล้ก็ียงกับเข็มทึคนั้น เพราะมีแรงดึงดูดเกิดขึ้นระหว่างเข็มทึคกับแม่เหล็ก หรือ
ภาชนะที่เป็นเหล็ก.

๓. โลกเป็นแม่เหล็กอันใหญ่ ซึ่งมีขั้วเหนืออยู่ทางทิศเหนือ คือที่แหลม
บูเชียวเฟลิคส์ ทางเหนือที่สุดของประเทศแคนาดา ราว ๆ เส้นรุ้ง ๗๔ องศาเหนือ
และเส้นแวง ๙๖ องศาตะวันตกของกรีนิชในประเทศอังกฤษ.

คำถาม

๑. เข็มทึคคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง ?
๒. ทำไมเวลาเข็มทึค จึงต้องระวังไม่ให้แม่เหล็กหรือวัตถุที่เป็นเหล็กอยู่
ใกล้ ๆ กับเข็มทึคนั้น ?
๓. ทำไมปลายเหนือของแม่เหล็กเข็มทึคจึงชี้ไปทางทิศเหนือเสมอ ?
๔. ขั้วเหนือของแม่เหล็กของโลกอยู่ที่ไหน ใครเป็นผู้พบ ?
๕. เข็มทึคมีประโยชน์อย่างไรบ้าง ?

บทที่ ๓๕

ไฟฟ้าสถิต

เมื่อเรากล่าวถึงไฟฟ้าในสมัยปัจจุบัน เราก็คงหมายความว่ากระแสไฟฟ้าซึ่งเราใช้เป็นประโยชน์ตามบ้านหรือสถานอื่น ๆ ทั่วไป เมื่อเรากล่าวถึงไฟฟ้าตามกระแสไฟฟ้าก็มานึกตามสายไปร้อหลอกไฟฟ้าซึ่งให้แสงสว่างแก่เรา วิธีที่ง่ายที่สุดที่จะทำให้เกิดไฟฟ้าขึ้นนั้น คือการขัดสีของของสองสิ่งหนึ่งกับอีกสิ่งหนึ่งซึ่งต่างชนิดกัน เช่นกันว่า เราเสียดสีหลอดแก้วแท่งแก้ว ทั้งนี้ครั้งยังไม่มีใครรู้เรื่องไฟฟ้า ชาวกรีกผู้หนึ่งชื่อ เทลีส (Thales) ได้เสียดสีแอมมูมแท่งอำพันแล้วแท่งอำพันนั้นสามารถดูดเศษกระดาษชิ้นเล็กๆ ชนนก เส้นผม และของเบา ๆ อื่น ๆ ได้อีกหลายอย่าง อำพันนั้นเมื่อเสียดสีและเกิดปรากฏการณ์ซึ่งได้ฝังกันมาหลายแสนปีแล้ว มีมากตามฝั่งทะเลบอลติก คำว่าอำพัน ภาษากรีกเรียกว่า “อิเล็กตรอน” (Elektron) และแรงกดที่เกิดขึ้นจากการขัดสีของของสองสิ่งนั้น ออกเคอร์ กิลเบิร์ต เรียกว่า “Electricity” ซึ่งเราแปลว่า “ไฟฟ้า” ออกเคอร์ กิลเบิร์ตเป็นแพทย์ประจำพระองค์ของสมเด็จพระบรมราชินีเฮลิซาเบท แห่งประเทศอังกฤษ ออกเคอร์ กิลเบิร์ตเป็นผู้ค้นพบเสียงในทางคันควาทเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าหนึ่ง และคำ “Electricity” นั้น ก็มีผู้ใช้กันมานานหลายเท่าทศวรรษ

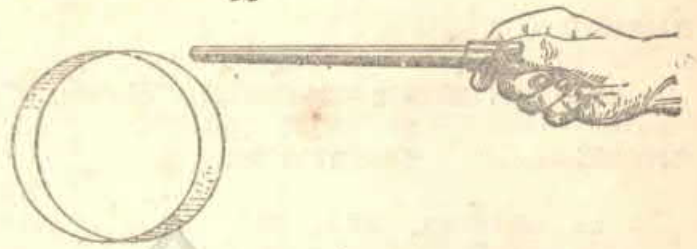
วิธีหลายวิธีที่แสดงให้เห็นว่า “แรงกด” “หรือไฟฟ้า” เกิดขึ้นได้ด้วยการขัดสีของของสองสิ่งต่างกัน—

วิธีที่ ๑ คัดกระดาษบาง ๆ ให้กว้างราว ๆ ครึ่งนิ้ว และยาวราว ๆ ๘ นิ้ว แล้วขกให้เป็นวงโดยเอาเขียงเขี่ยคิกปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เอาผ้าเสียดสีหลอดแก้วแท่งอีไบไนท์ (Ebonite) หรือแท่งกรง แท่งแก้ว แท่งทองแดง หรือเหล็ก ตามแต่จะหาได้

หยาบๆ ฟูมฟูมไปข้างหนึ่งสำหรับเอามือบีบ เมื่อเอาฝ่ามืออีกทีมาถูกันที่
 กล้างนอนอย่างแรงๆ สักครั้งหนึ่งแล้ว เอามือบีบฟูมฟูมอย่างนุ่มนวลแล้วเอาปลายอีกข้าง
 หนึ่งเข้าไปใกล้ๆ กับวงกระต่ายที่ทำไว้นั้น วงกระต่ายจะหมุนวนตามแท่งดังเหล่านี้น
 ใต้แสงสว่างเกิดมีประกายหรือไฟฟ้าขึ้นแล้ว (รูปที่ ๗๔).

วิธีที่ ๒ ผูกกระต่าย

ข้างๆ ออกเป็นชั้นเล็กๆ
 เอาฝ่ามืออีกทีมาถูกับ
 ปลายก้านกลมๆ ที่ทำด้วย
 วัสดุในตู้หรือ หวีเซดล



รูปที่ ๗๔

ลอยๆ ถูอย่างแรงๆ อยู่ราวครึ่งนาที แล้วนำปลายก้านนั้นมาใกล้ๆ กับเส้นกระต่าย
 เราจะเห็นเส้นกระต่ายกระโดดขึ้นไปเกาะที่คอยูกับขั้วปลายก้านสักครั้งหนึ่ง แล้วก็จะหลุด
 ตกลงมายังพื้นอีก จนถึงเวลาที่ เส้นกระต่ายที่หลุดไปใหม่ๆ จะไม่ตกเลยก็ยังไม่ค่อย
 พักใหญ่ๆ จึงจะถูดกเข้าไปติดที่ปลายก้านได้อีก โดยวิธีนี้ แต่ถ้าเราใช้แท่งแก้วที่
 มียางหุ้มไว้ข้างหนึ่งเป็นทสำหรับมือบีบ และใช้ถ้วยลงมือหนึ่งอันอื่น ๆ หรือหนึ่ง
 ซามัวที่เราจะได้อะไรผลเช่นเดียวกัน.

วิธีที่ ๓ หาหวีเซดลลอยๆ ที่สะอาดและแห้งผากขึ้นมาอันหนึ่ง ใช้หัวของหวี
 แห่งนี้ไปขูดก้าน หรือมันฝรั่งค้อย เราจะได้ยินเสียงดังเปรี๊ยะๆ ในขณะที่เราขูด
 ออกจากเส้นผม ถ้าเราอยู่ในห้องมืดและยืนหัวผมอยู่หน้ากระจกเงา ข้างที่เราจะแล
 เห็นประกายน้อยๆ ที่ผมพร้อมเสียงดังเปรี๊ยะๆ นั้น แสดงว่า การที่หวีไปขูดกับ
 เส้นผมเข้าเกิดมีไฟฟ้าขึ้นได้.

วิธีที่ ๔ เอาแท่งวัสดุในตู้เช่นแก้วหรือพลาสติก ถูจากหัวไปหางหลายๆ ครั้ง
 จนถึงแก่กว่าขนแมวจะตั้งชันขึ้น ที่เห็นเช่นนี้เพราะเกิดมีไฟฟ้าขึ้นที่ขนแมวและ

ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน จนแนวทุกเส้นจึงต่างก็ผลัดกันวิ่งตรงจนตามที่เราเห็น.

ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการทดลองต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้นปรากฏอยู่ที่สิ่งของต่าง ๆ ที่เขาไปสัมผัสกับของสิ่งอื่น ซึ่งต่างกับไฟฟ้ากระแสซึ่งเดินไปตามสายไฟฟ้าได้ ฉะนั้นเราจึงเรียกไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสแห่งของต่างชนิดกันนั้นว่า “ไฟฟ้าสถิต”

สังเขปความ

๑. ไฟฟ้าทภาษาอังฤษเรียกว่า “Electricity” นั้น เป็นคำมาจากภาษากรีก “Elektron” ซึ่งแปลว่าอำพัน.

๒. แท่งอำพัน, แก้ว, ครั่ง, ชอล์กในตู้และสิ่งอื่นอีกหลายอย่าง จะมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นด้วยการสัมผัสกับของอื่น เช่นผ้าแพร, ผ้าสักหลาด และหนังอื่น เป็นต้น

๓. ไฟฟ้าสถิต คือประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสแห่งของที่ต่างชนิดกัน.



คำถาม

๑. ใครเป็นผู้ทดลองพบไฟฟ้าสถิตขึ้นก่อน และได้ทำการทดลองอย่างไร?
๒. รงอธิบายถึงการทดลองอย่างง่าย ๆ ที่แสดงว่าไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการสัมผัสของของต่างชนิดกัน.
๓. เหตุไร เมื่อเวลาเราเอาหัวกระ หรือหัวเชลลูดยกดหัวผมที่แห้งผากจึงไต่ขึ้นเสียดังเปรี๊ยะ ๆ ?

หมวด ๗

ชีววิทยา

บทที่ ๓๖

อินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร

ชีวิตแปลว่าอะไร ก่อนจะเรียนเรื่องพืชและสัตว์ ขงนยว่าเป็นสิ่งมีชีวิต
(อินทรีย์สาร) เราควรทราบเสียก่อนว่าสิ่งมีชีวิตนั้นแตกต่างกันกับสิ่งที่ไม่มีชีวิต
(อนินทรีย์สาร) เช่นก้อนหินอย่างไร

ก. สิ่งที่มีชีวิต (อินทรีย์สาร) ประกอบขึ้นด้วยส่วนต่างๆ เรียกว่าอวัยวะ
อวัยวะอย่างหนึ่งก็มีหน้าที่ที่ต้องกระทำโดยเฉพาะอย่างหนึ่ง เช่นรากและใบของพืช
มีลักษณะรูปพรรณต่างกันและอยู่ในที่ต่างกัน ก็เพราะว่าอวัยวะทั้ง ๒ ชนิดของพืช
มีหน้าที่ที่ต้องทำไม่เหมือนกัน เช่นเกี่ยวกับเท้าและนัยน์ตาของเราซึ่งมีลักษณะ
รูปพรรณแตกต่างกัน ก็เพราะมีหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติต่างกัน อวัยวะต่างๆ ของสิ่ง
มีชีวิตนั้น นอกจากจะช่วยเหลือซึ่งกันและกันแล้ว ยังช่วยทำงานให้เ็นผลสำเร็จ
เพื่อสิ่งมีชีวิตนั้นๆ. ส่วนสิ่งที่ไม่มีชีวิต (อนินทรีย์สาร) เช่นก้อนหินนั้นไม่ได้ประกอบ
ขึ้นด้วยอวัยวะ ทุกส่วนของก้อนหินเหมือนกัน และไม่มีความหมายใดๆ จะต้องช่วยเหลือ
ซึ่งกันและกันแต่อย่างใด.

ข. สิ่งที่มีชีวิตมีความรู้สึกต่ออาการภายนอก (Irritability) การสัมผัส
ความร้อน หรือแสงสว่างทำให้สิ่งมีชีวิตรู้สึก เช่นใบของต้นไม้ยวบ เมื่อบี้อะไร
มาสัมผัสก็จะหุบลงทันที ใบไม้หรือกิ่งไม้หันยื่นออกไปหาแสงอาทิตย์ ค้างคาวชอบ
ตัวอยู่ในที่มืดในเวลากลางวันเพราะไม่ชอบแสงสว่าง.

ค. สิ่งที่มีชีวิตต้องกินอาหารและหายใจ สัตว์ทุกๆ ตัวและพืชทุก ๆ ตัว
ต้องกินอาหารและหายใจจึงจะดำรงชีวิตอยู่ได้ เราทราบแล้วว่าสัตว์กินอาหารและ

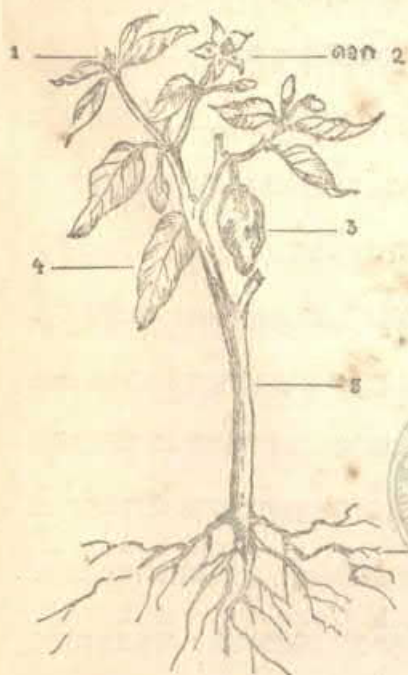
ชิมรสชาติอย่างไร แต่พืชกินอาหารและน้ำนั้นเรายังหาทราบไม่ แท้จริงพืชกินอาหาร
และน้ำเช่นสัตว์เหมือนกันโดยใช้รากดูด ซอนระพวงสังเกตเห็นได้ถ้ารากพืชที่ชาวสวน
ปลูก ชาวสวนคนใดขยันหาขี้มาใส่ลงในดินปลูกและหมั่นรดน้ำเสมอแล้ว พืชก็จะ
เจริญงามกและสดชื่นอยู่เสมอ ชาวสวนคนใดที่เกียจคร้านไม่ปฏิบัติรักษาพืชก็จะได้
ร้อยละยี่สิบห้า เราทราบกันแล้วเหมือนกันว่าสัตว์หายใจได้อย่างไร แต่ก็หาทราบ
ในเรื่องพืชหายใจไม่ เพราะพืชไม่พูดเช่นมนุษย์ หรือมีเหงือกสำหรับใช้หายใจ
เช่นปลา ถ้าจะพิสูจน์ให้เห็นว่าพืชหายใจเหมือนกันแล้ว ก็ต้องทำการทดลอง
ทั้งนี้จะกล่าวต่อไปในบทเรียนข้างหน้า.

ง. สิ่งที่มีชีวิตเจริญเติบโตได้จากภายในออกมา สิ่งที่มีชีวิตเมื่อกินอาหาร
เข้าไปแล้ว ร่างกายก็จะค่อยเจริญเติบโตขึ้น แต่การเจริญเติบโตนั้นเกิดจากภายใน
ออกมา. ส่วนสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่นก้อนน้ำตาลกรวดกระชวยขนาดให้โตขึ้นก็ได้เหมือน
กัน แต่ไม่ใช่เกิดขึ้นจากภายในออกมา ทั้งเป็นการพอกข้างนอกโดยเขาถ่อน
น้ำตาลกรวดจมลงไปใต้น้ำตาลเชื่อมที่ขึ้น แล้วทวงตาลมไว้ ทำอย่างนี้หลายหนเข้า
น้ำตาลกรวดก็ขึ้นจนกระทั่งมีขนาดโตขึ้นได้เหมือนกัน.

จ. สิ่งที่มีชีวิตสืบพันธุ์ได้ สิ่งที่มีชีวิตไม่สามารถจะมีชีวิตอยู่ได้ชว
กาลนาน จะต้องถึงแก่ความตายความตายสักวันหนึ่ง ฉะนั้นเพื่อให้พันธุ์ของสิ่ง
ที่มีชีวิตคงอยู่ไปจากโลก ธรรมชาติจึงประสาทให้สิ่งที่มีชีวิตทำการสืบพันธุ์ต่อกัน
ทุกตัว ใครที่เลี้ยงหมาหรือกระต่ายคงจะทราบดีกว่าว่าสัตว์ชนิดนั้นทวงพันธุ์อย่างรวดเร็ว
เพียงใด ผลที่ขี้ก็มีเมล็ดมากเพื่ออะไร แต่สิ่งที่ไม่มีชีวิตนั้นจะให้กำเนิดไม่ได้ เช่น
ก้อนหินก้อนหนึ่งที่เกิดมาไว้ในพิภพก็ทวงหลานนาน ๆ เข้าจะเป็น ๒ ก้อนขึ้นไม่ได้
สิ่งที่มีชีวิต เราเรียกว่า อินทรีย์สาร. และสิ่งที่ไม่มีชีวิตเราเรียกว่า
อนินทรีย์สาร.

ชนิดของพันธุ์ไม้ พันธุ์ไม้แบ่งออกเป็นสองจำพวก คือ จำพวก ที่มี

ดอกและจำพวกที่ไม่มีดอก จำพวกที่มีดอกซึ่งขึ้นในส่วนของเรา มี มะลิ คาวเรือง
 ขานไม่รู้โรย ช่อนกลีบบัว กุหลาบ วิกเว มะเขือ ผักกาด กระน้ำ มะม่วง มะขาม
 มะปราง พุริณ วลา และทชชตามทุ่งและป่า มี กล้วย้า ผักไหม ผักเบี้ยแดง
 ถั่วลิสง ถั่วฝักยาว ถั่วกระเทียม ถั่วลิสง ถั่วฝักยาว วลา พันธุ์ไม้ที่ไม่มีดอก
 ได้แก่ สาหร่าย เห็ดรา มอสส์ เฟิน.



รูปที่ ๑๕ ต้นพริก

เปลี่ยนรูป ดอกมีสีต่างๆ เช่น ดอกกะดังงามีสีเหลือง ดอกพุเรื่อหงส์มีสีแดง
 ดอกมะเขือมีสีม่วงอ่อน.

๓. ผล คือส่วนหนึ่งของดอกที่เจริญเติบโต ภายในผลมักจะมีเมล็ด.

๔. ใบ เป็นแผ่นบางและมีสีเขียวใบไม้ ใบนี้เกิดต่อกับลำต้นหรือกิ่งก้านใบ.

๕. กิ่ง คือส่วนที่อยู่บนดิน ประกอบด้วยลำต้น กิ่ง และ ใบ.

๖. ราก คือส่วนของพืชซึ่งตามปกติมักอยู่ในดิน ไม่มีใบ มีพชชน้อยชนิดที่
 มีตาเจริญออกจากราก.

ส่วนต่างๆ ของพันธุ์ไม้ ดอก พันธุ์

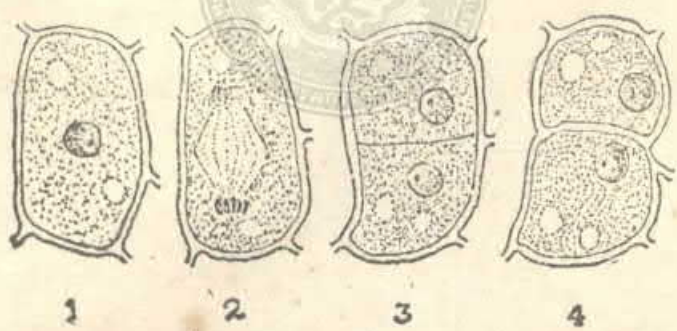
ไม้ดอก นั้น มีอยู่ทั่วไป ตามบริเวณบ้าน และ
 โรงเรียนของเรา ฉะนั้นเราจึงเริ่มเรียนพันธุ์
 ไม้ดอกก่อนอื่น พืชที่มีดอก และผล
 หลาก ๆ ชนิด เช่นต้นพริกหรือต้นมะเขือ
 ระวังอย่าให้รากขาด แล้วเปรียบเทียบส่วน
 ต่าง ๆ กับรูปที่ ๑๕. พืชโดยมากมีตา ดอก
 ผล ใบ ลำต้น และ ราก

๑. ตา คือส่วนที่กิ่งไม้โตเจริญ
 ออกจากเป็นลำต้นหรือกิ่ง.

๒. ดอก คือส่วนของต้นและ ใบซึ่ง

เซลล์ที่ยังอ่อนอยู่จะมีลักษณะทั้งกล่าวข้างบนนี้ ดังรูปที่ ๗๖ แต่เซลล์ที่โตเจริญเติบโตไปแล้ว จะมีช่องว่าง (Vacuole) เกิดขึ้นภายในเซลล์ ช่องว่างนี้มักเต็มไปด้วยน้ำเซลล์ (Cell-sap) น้ำเซลล์คือน้ำและวัตถุที่ละลายในน้ำ เช่น น้ำตาล น้ำกรด และเกลือที่พืชดูดขึ้นมาจากราก น้ำเซลล์ของพืชโดยมากมักไม่มีสี แต่ของพืชบางชนิด เช่น ของต้นหัวผักกาดแดง (Beet) มีสีแดง รสเปรี้ยว หวาน ฝาด ซึ่งเกิดขึ้นในผลไม้หรือผัก ก็เพราะน้ำเซลล์นั่นเอง.

เมื่อรากลำต้นหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชเจริญยาวต่อไป ส่วนนั้นก็จะขึ้นตั้ง การเซลล์ใหม่ๆ มาประกอบเป็นการเจริญ เซลล์ใหม่ๆ จะโตมาจากไหน ก็ต้องโตมาจากเซลล์ที่มันอยู่เดิม นั่นเอง ซึ่งแบ่งออกเป็นเซลล์เล็กๆ ต่อไป ตามที่ได้อธิบายแล้วว่า นิวเคลียสและน้ำเลี้ยงเป็นสิ่งที่มีชีวิต เมื่อกินอาหารเข้าไปแล้วก็เจริญเติบโต และสามารถทวีพันธุ์ได้โดยการแยกตัวเองออก ชั้นแรกนิวเคลียสทั้งต้นแยกออกเป็น ๒ นิวเคลียสย่อยๆ เท่าๆ กัน แล้วค่อยๆ ดอยห่างออกจากกันจนอยู่คนละข้างของเซลล์



รูปที่ ๗๗ รูปแสดงการแบ่งเซลล์ของพืช

ต่อมาเมื่อมีน้ำเซลล์เกิดใหม่ขึ้นกลาง แบ่งเซลล์เดิมออกเป็น ๒ เซลล์ย่อยๆ เซลล์ย่อยๆ เซลล์หนึ่งประกอบขึ้นด้วยครึ่งหนึ่งของนิวเคลียส และ ครึ่งหนึ่งของน้ำเลี้ยงเดิม เซลล์ที่เกิดใหม่ทั้งสองเซลล์ เมื่อได้อาหารมาบำรุง ก็จะเจริญเติบโตขึ้นทุกทีจนมีขนาดเท่าเซลล์เดิมแล้วต่อไปก็แบ่งตัวเองออกในที่อันเดียวกัน ดังรูปที่ ๗๗.

สังเขปความ

๑. สิ่งที่มีชีวิตต่างกันกับสิ่งที่ไม่มีชีวิต คือ สิ่งที่มีชีวิตประกอบ ด้วยอวัยวะที่มีความรู้สึกต่อการภายนอก กินอาหาร หายใจได้ เจริญจากภายในออกมาและขับพันธุ์ได้ สิ่งที่ไม่มีชีวิตคือสิ่งที่ไม่มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

๒. พันธุ์ ไม่แบ่งออกเป็นพันธุ์ ไม่คละกับพันธุ์ ไม่ไม่มีคอก

๓. ส่วนต่างๆ ของต้นไม้คอก มี ตา คอก เกล ใบ ต้น และราก.

๔. อวัยวะของพืชประกอบขึ้นด้วยหน่วยเล็ก ๆ เรียกว่าเซลล์ เซลล์ ๑ เซลล์ ห่อหุ้มด้วยเยื่อเซลล์ และภายในมีนิวเคลียส น้ำเลี้ยง plastid และน้ำเซลล์ซึ่งอยู่ในที่ว่าง

๕. นิวเคลียส น้ำเลี้ยง plastid เป็นสิ่งที่มีชีวิต ทำหน้าที่ทุกอย่างให้พืช เช่นการเจริญเติบโต การปรุงอาหาร การหายใจ การสร้างส่วนใหม่ ฯลฯ

๖. น้ำเซลล์ คือน้ำและวัตถุที่ละลายในน้ำ เช่น น้ำตาล น้ำกรด และเกลือที่พืชดูดขึ้นมาจากดิน

๗. เซลล์ที่มีมากจนโตโดยการแบ่งแยกตัวเองออก เช่น เซลล์หนึ่งแบ่งออกเป็น ๒ เซลล์.

คำถาม

๑. เปรียบความแตกต่างระหว่างสิ่งที่มีชีวิตกับสิ่งที่ไม่มีชีวิต.

๒. ใ้วาดภาพของพืชที่มีผลเช่นคนหนึ่งทุบหัก แล้วเขียนชื่อของส่วนต่าง ๆ ของพืชนั้น,

๓. เซลล์คืออะไร? หมายความว่าวัตถุที่สำคัญภายในเซลล์.

๔. เซลล์อันมีลักษณะต่างกับเซลล์ที่เจริญเต็มที่แล้วอย่างไร?

๕. เซลล์ของพืชที่มีมากจนโตได้อย่างไร?

บทที่ ๓๗

พืชกับน้ำ

พืชกับน้ำ

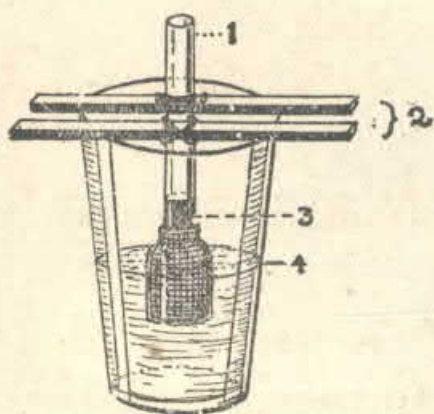
เพื่อกำรงชีวิตของเราให้อยู่ได้ เราต้องการน้ำ อาหาร และอากาศ. ถ้าไม่มีน้ำจืด เราจะกระหายน้ำ ถ้าไม่มีอาหารจะรบกวนประทาน เราจะไม่ไหว. ถ้าไม่มีอากาศจะหายใจ เราจะไม่รู้สึกอึดอัดและหายใจไม่สะดวก หากสิ่งทั้งสามยังคงขาดแคลนอยู่เรื่อยไป ในที่สุดเราก็ต้องตาย. พืชเป็นสิ่งที่ทนชีวิตเช่นเรา เพราะฉะนั้นจึงต้องการของทั้งสามด้วยเหมือนกัน เพื่อยังชีวิตให้อยู่ได้.

เราจะทราบได้ ว่าพืชใช้วิธีอะไรส่วนไหนของลำต้น ถ้าได้ทำการทดลองดังนี้ ทำจานมาใบหนึ่ง เอาเศษผ้าหนาๆ หรือกระดาษซับชอนน้ำแล้วปูลงบนจานนั้น ค่อยไปเอาเมล็ดผักกาดมาสัก ๑๐ เมล็ดวางลงบนผ้าหรือกระดาษซับนั้น แล้วเอาน้ำมาครวยไว้ คอยหยอกลงมาลงที่ผ้าหรือกระดาษซับให้ชุ่มน้ำอยู่เสมอ เมื่อเมล็ดงอกออกมาแล้ว สังเกตจะเห็นถัปลายรากแก้วเข้ามาติดกับเนื้อเมล็ดเล็กๆ ๆ ขาวละเอียดคล้ายสำล เจริญออกมาโดยรอบ ฝังไว้แน่นขยายสองข้าง รากนี้เรียกว่ารากขนอ่อน. รากขนอ่อนเส้นหนึ่งเป็นเซลล์ๆ เทียบของรากแก้วซึ่งเจริญออกมาเพื่อให้สัมผัสกับน้ำและเมื่อกินละเอียดๆ ไกลขึ้นทุก รากขนอ่อนนอกเกาะกับดินแน่น มันจะหักและขาดง่าย เพราะฉะนั้นเมื่อเราขุดย้ายพืช ฝังซากที่ติดอยู่กับดินทั้งหมด รากขนอ่อนทำหน้าที่ดูดน้ำและแร่ธาตุละลายในน้ำจากดินโดยวิธีเรียกว่าออสโมซิส (Osmosis).

เราจะเข้าใจเรื่องออสโมซิสได้อย่างไร ถ้าทำการทดลองดังต่อไปนี้ ครุ ปก ๗๘.

การทดลองที่ ๑ เอาหนังยางๆ ของกะเพราเย็บวุ่มหุ้มปลายข้างหนึ่งของหลอดตะเกียบจนถึงคอ แล้วเอาถ้วยฟอกมัทหนึ่งติดกับคอหลอดตะเกียบให้แน่น ท่อ

ไปเอาน้ำกรอกลงไปทางปลายหลอดอีกข้างหนึ่ง ถ้าน้ำวิ่งออกทางตอนที่มีตะกั่ว ก็ต้อง
แกว่งกายออกแล้วมีค้ำใหม่จนกว่าจะแน่นดี เมื่อเห็นว่าน้ำวิ่งออกมาไม่ไค้แล้ว จึงเทน้ำ



รูปที่ ๗๘ แสดงการทดลองออสโมซิส

- 1 หลอดตะเกียง
- 2 ไม้สำหรับคาน
- 3 น้ำตาลเชื่อม
- 4 ด้วยแก้ว

ออก แล้วเอาน้ำตาลเชื่อม อย่าง ช้น ปาน กลาง
กรอกลงไปให้สูงกว่าคอหลอดตะเกียง ๑ ซม.
ทำเครื่องหมาย แสดง ระดับ น้ำตาลเชื่อม ใน
หลอดตะเกียงไว้โดย เอาค้ายฟอก ผูก กับ หลอด
ตะเกียง ให้พอดีกับระดับน้ำตาลเชื่อม ต่อไป
ยกหลอดตะเกียง ร่มลง ใน ด้วย แก้ว ใส น้ำ ให้
คอหลอดตะเกียง สูงกว่าระดับ น้ำ ใน ด้วย แก้ว
๑ ซม. แล้ว มี หลอด ตะเกียง ติด กับ ไม้
เล็ก ๆ สอง อัน ซึ่งวางขนานข้าง ๆ บนปากด้วย
แก้ว คอยสังเกตทุก ๆ ชั่วโมง จะเห็นระดับ
น้ำตาลเชื่อมค่อย ๆ เขยิบสูงขึ้นไปตามหลอด
ตะเกียง ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลเชื่อมคืบเข้าน้ำในด้วยแก้วเข้าไป ทางหนึ่ง
บาง ๆ นั้น.

การทดลองที่ ๒ ทำการทดลองเช่นเดียวกันอีก คราวนี้ใช้น้ำตาลเชื่อมซึ่งมี
กำลังความเข้มข้นเท่ากับที่กรอกลงไป ในหลอดตะเกียง ใส่ลงในด้วยแก้วแทนน้ำ เมื่อใดตั้ง
เครื่องทดลองทิ้งไว้นานเท่าใดก็ตามจะไม่เห็นระดับน้ำตาลเชื่อม ในหลอด ตะเกียง เขยิบ
สูงขึ้น อย่างการทดลองที่ ๑ เลย.

การทดลองที่ ๓ ใช้น้ำตาลเชื่อมอย่างช้นกรอกลงไป ในหลอดตะเกียง แล้ว
ใช้น้ำตาลเชื่อมอย่างใสใส่ลงในด้วยแก้ว คราวนี้ จะเห็นระดับน้ำตาลเชื่อมในหลอด
ตะเกียงขึ้นไปตามหลอดด้วยอาการช้ากว่าการทดลองที่ ๑

การทดลองที่ ๔ ใช้น้ำตาลเชื่อมอย่างเหลวใส่ในหลอดกระเบื้อง แล้วยกหลอดกระเบื้องจุ่มลงในถ้วยแก้วใส่น้ำ จะเห็นระดับน้ำตาลเชื่อมในหลอดกระเบื้องเอียงสูงขึ้นไปเหมือนกัน การทดลองข้างบนนี้ทำให้เราเข้าใจได้ว่า

ก. ของเหลวที่มีความเข้มข้นหรือมากก็ตาม เช่น น้ำตาลเชื่อม สามารถถูกน้ำเข้าไปทางหนึ่งหรือเยื่อบาง ๆ ได้.

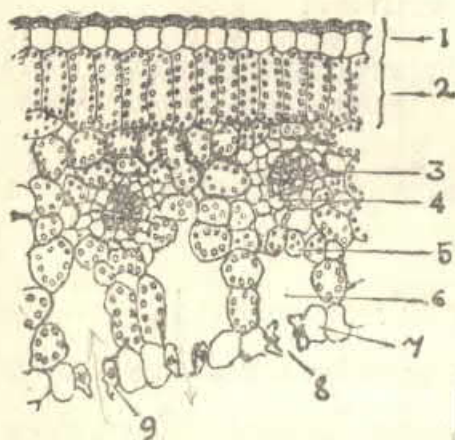
ข. ของเหลวที่เข้มข้นมากสามารถถูกของเหลวที่เข้มข้นน้อยกว่า เข้าไปทางหนึ่งหรือเยื่อบาง ๆ.

การซึมของน้ำโดยผ่านหนึ่งหรือเยื่อบาง ๆ ไปยังของเหลวที่เข้มข้นกว่า เรียกว่า "ออสโมซิส" รากขนอ่อนนั้นห่อหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ ของเซลล์ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับหนังของกระเพาะเขียวหม่น ภายในรากขนอ่อนมีน้ำเซลล์ที่เข้มข้นกว่า จึงสามารถถูกน้ำเข้าไปเช่นเดียวกับน้ำตาลเชื่อม ฉะนั้นน้ำและเกลือซึ่งละลายในน้ำอย่างเบา ๆ ในดิน จึงซึมเข้าไปภายในรากขนอ่อนได้โดยออสโมซิส.

เมื่อนำไม้เข้าไปในรากขนอ่อนแล้ว ก็ซึมเข้าไปในเซลล์ของรากใหญ่จนถึงเซลล์หลอดน้ำ (Wood) ของราก เซลล์หลอดน้ำของรากติดต่อกับของลำต้นและใบ น้ำจึงเดินขึ้นไปถึงใบเป็นที่สุด เซลล์หลอดน้ำนี้จะเห็นได้ง่าย ถ้าขุดต้นไม้เล็ก ๆ เช่น ต้นจิกโหม แล้วเอารากสายไปมาในน้ำจนกินหลอดออกหมด ท่อไปเอารากแช่ลงในชามใส่น้ำที่หมกแกงละลาย เมื่อ ๒๔ ชั่วโมงล่วงไปแล้ว ให้ผ่ารากลำต้นกิ่งและใบ ออกตรวจจะเห็นเซลล์หลอดน้ำเป็นเส้นแฉง ๆ ทั่วไป.

ควรวบพืชต้องใช้น้ำและวัตถุละลายในน้ำไปประกอบเป็นอาหาร ควรวบพืชไว้ของกักน้ำจากดินมากเพื่อให้ไว้ทดเหล่านนั้นพอกับความต้องการ น้ำนอกจากจะใช้ประกอบเป็นอาหารพืช และเป็นพาหะพาเกลือที่ละลายในน้ำจากดินไปสู่ใบแล้ว น้ำยังทำให้พืชสดชื่นไม่เหี่ยว ขอนี้จะสังเกตได้จากดอกไม้ที่ปลูกจากดินแล้วไม่เหี่ยวเร็ว ถ้าก้านดอกได้แช่ลงในน้ำ ความวิ้งพืชใช้น้ำเป็นส่วนน้อยในการประกอบเป็นอาหาร

ไซ้เป็นพาหะพาเกลือในกินขึ้นสู่ไซ้เป็นส่วนมาก น้ำที่ไซ้เป็นพาหะนั้นพืชไม้ที่มีทะเล่จะเก็บเอาไว้ จึงต้องกำกัดออกไปทางใบ.



รูปแสดงส่วนต่างๆ ภายในใบไม้

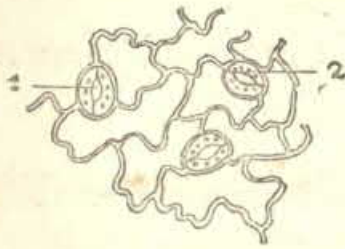
รูปที่ ๘๘

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1 เนื้อหุ้มหลังใบ | 5 เซลล์ฟองน้ำ |
| 2 เซลล์รู | 6 โพรงระหว่างเซลล์ |
| 3 เซลล์หลอดน้ำ | 7 เนื้อหุ้มท้องใบ |
| 4 เซลล์หลอดอาหาร | 8 ปากใบ |
| | 9 เซลล์คุม |

การทดลองที่ ๕ เพื่อแสดงใบคายน้ำ ให้ปลูกต้นมะเขือหรือต้นพริกในกระถาง เมื่อต้นโตพอสมควรแล้ว ให้นำชามแก้วใส่น้ำและกระดาษมา ๑ ใบกับตุ๊กไม้คอร์ก ๑ ก้อน เล็กเท่ากับเล็กหมัวยกติดค้างอยู่ข้างผ่ากไม้คอร์กออกเป็นสองซีกเท่า ๆ กัน แล้วเขามาประกบจนกลางที่ผ่าของซีกหนึ่ง ๆ ให้เป็นร่อง เมื่อประกบกันเข้าแล้วพอเหมาะกับความยาวของกิ่งนั้น ครอบเสร็จแล้วเอาปากชามขวบกับเอารกประกบกันข้างกิ่ง แล้วเอาปากชามขวบให้แน่น ถ้าทำการทดลองในวันที่มีแสงแดด จะเห็นมีไอน้ำระเหยออกมาข้าง ๆ ชามภายใน.

ก่อนที่เราจะทราบได้ว่าใบไม้คายน้ำไปได้อย่างไรนั้น เราจะต้องเรียนรู้ถึงลักษณะรูปพรรณของใบเสียก่อน ภายในใบไม้มีลักษณะเป็นโพรงคล้ายฟองน้ำ. โพรงเหล่านี้มีช่องหรือปากที่หลอดออกมาภายนอกใบ ช่องหรือปากนี้เล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดู ดังรูปที่ ๘๘ ในพื้นที่ ๑ ตารางนิ้วจะมีถึง ๔,๐๐๐-๘๐,๐๐๐ ช่อง มีอยู่ตามเนื้อหุ้มท้องใบเท่านั้น แต่พืชบางชนิดก็มีทั้งหลังใบและท้องใบ เมื่อน้ำจากรากได้เคลื่อนขึ้นถึงใบแล้ว ก็จะซึมออกมาเป็นหยาด ๆ อยู่ตามข้างผ่าของโพรง แล้วก็เปลี่ยนเป็นไอน้ำระเหยออกมาภายนอกทางปาก

ของใบ คุรูปที่ ๘๐ ทราบได้ช่องหรือปากใบนี้คืออยู่ ตราบนั้นอากาศภายนอกก็จะ
เข้าไปในโพรง และไอน้ำในโพรงก็จะผ่านออกมาภายนอก.



รูปนี้คือหน้าตัดของใบ แสดงปากใบ ๓ ปาก

รูปที่ ๘๐

1. = ปากใบ

2. = เซลล์คุม

ปากหรือช่องหนึ่ง ประกอบด้วย เซลล์รูปคล้าย

เมล็ดถั่วผกยาว ๒ เซลล์เรียงชิดกัน เซลล์ ๒

เซลล์ทำหน้าที่ประคองกันประคอง และเรียกว่า

เซลล์คุม ซึ่งคอยเปิดและปิดช่องนั้น เมื่อ เซลล์

ทั้งสองโตน้ำพองหรือ ในเวลาที่มีแสงสว่าง ก็จะเต่ง

และถ่างห่างออกจากกัน ทั้งนี้ทำให้ช่องเปิด เมื่อ

โตนานโดยไม่พองความต้องการหรือ ในเวลากลางคืน

เซลล์นี้จะแฟบเข้าหากันแล้วปิดช่องนั้น.

พืชจะคายน้ำได้มากหรือน้อยก็ขึ้นแล้วแต่การเปิดและปิดของ ช่อง หรือ ปาก ใบ นี้
และแล้วแต่ความชุ่มชื้นของอากาศและลม ถ้าอากาศมีไอน้ำมากอยู่แล้ว การระเหย
ของน้ำในโพรงภายในใบจะดำเนินไปอย่างช้า ถ้าอากาศขยแห้งและแห้งแล้งการระเหย
ของน้ำก็จะเดินไปโดยเร็ว ลมถ้าพัดผ่านใบไม้สม่ำเสมอ ก็จะช่วยการถ่ายเทของอากาศ
ภายในโพรงใบสะดวกยิ่งขึ้น ลมจึงทำให้ใบไม่คายน้ำมาก.

สังเขปความ

๑. พืชคักน้ำเข้าไปทางรากจนอ่อนโดยวิธีออสโมซิส.
๒. พืชต้องการน้ำเพื่อ ก. เอาไปใช้ในการประกอบเป็นอาหาร ข. เป็นพาหะ
พาแร่ที่เป็นเกลือละลายในน้ำในดิน ค. เพื่อทำให้พืชสดชื่นอยู่เสมอ.
๓. น้ำที่เหลือใช้พืชคายออกมาเป็นไอน้ำทางปากใบ.
๔. พืชจะคายน้ำได้มากหรือน้อยก็ขึ้นแล้วแต่การเปิดและปิดของปากใบ และ
แล้วแต่ความชุ่มชื้นของอากาศ และลม.

คำถาม

๑. “ฮอสโมซิส” คืออะไร ?
๒. รากพืชดูดน้ำจากดินได้อย่างไร ? และจะทำการทดลองอย่างไรจึงจะแสดงให้เห็นวิธีที่รากพืชดูดน้ำ ?
๓. จงอธิบายถึงวิธีทดลองที่จะแสดงให้เห็นทางเดินของน้ำจากรากจนถึงใบ
๔. น้ำมีประโยชน์อะไรแก่พืช ?
๕. พืชกำจัดน้ำที่ไม่ต้องการออกจากต้นได้อย่างไร ?
๖. อะไรเป็นสิ่งที่บังคับให้พืชคายน้ำได้มากหรือน้อย ?



บทที่ ๓๘

การหายใจและการปรุงอาหาร

การหายใจ

การหายใจ คือ การ สูด อากาศ ออกซิเจน เข้า ไป ผสม กับ สาร ประกอบ ของ ธาตุ
คาร์บอนภายในร่างกายพืชและสัตว์ แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสิ่งที่สุกหรือ
ของร่างกายออกมาภายนอก หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าการหายใจนั้นคือการเผาผลาญ
ประกอบของธาตุคาร์บอนอย่างช้าๆ เราจำได้ว่ามันประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและ
ไฮโดรเจน เมื่อเวลาไม่ไหม้ไฟ ธาตุทั้งสองก็เข้าผสมกับออกซิเจนในอากาศแล้ว
เปลี่ยนแปลงเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ เช่นเกี่ยวกับลมหายใจออกของ
สัตว์หรือต้นไม้ซึ่งจะมีการคายคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ.

เราอาจพิสูจน์ได้ว่าลมหายใจออกนั้นมีการคายคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าอากาศธรรมดา
โดยหายใจลงในกระบอกแก้วใส่น้ำปูนใส น้ำปูนใสจะขึ้นขึ้นมาทันทีเมื่อใส่ลมหายใจ
กับลมหายใจออกของเรา แต่ถ้าให้อากาศธรรมดาผ่านน้ำปูนใสในปริมาณเท่ากัน จะ
กินเวลาไม่ต่ำกว่าครึ่งชั่วโมงกว่าน้ำปูนใสจะขึ้น การแยกธาตุได้แสดงว่าอากาศ
ธรรมดามีก๊าซไนโตรเจนร้อยละ ๗๘ ของปริมาณ ก๊าซออกซิเจนร้อยละ ๒๑ และ
การคายคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ .๐๓ ถึง .๐๔ ส่วนลมหายใจออกของเรามีก๊าซไนโตรเจน
ร้อยละ ๗๘ ของปริมาณ ออกซิเจนร้อยละ ๑๗ และการคายคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ ๔.

กระเจกเงาตามธรรมชาติคงทงไว้ เมื่อสัมผัสกับอากาศก็ไม่มีไอน้ำมาจับ ถ้าเรา
หายใจลงที่กระเจกเงา กระเจกเงาจะมีทันที ทงนี้แสดงให้เห็นได้ว่าลมหายใจออกนั้น
มีไอน้ำมากกว่าอากาศธรรมดา.

ลมหายใจออกยังมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอก ถ้าให้ลมหายใจออกสัมผัส
กับกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์จะเห็นปรอทขยับทันที.

การหายใจมีความประสงค์จะให้เชื้อเพลิงภายในร่างกายของสิ่งที่มีชีวิตใหม่เพื่อให้เกิดความร้อนและกำลังแรงงาน เพราะสัตว์ที่ขงเคลื่อนไหว เต้น วิ่ง ไล่ทัน ไม้ ฯลฯ อยู่เป็นนิตย์ ส่วนพืชก็ทำงานที่ขงออกแรงทำเหมือนกัน เช่น คล้ายๆ และใบส่งรากลงไปดินสร้างส่วนต่างๆ และอื่น ๆ.

ตามที่ได้อธิบายแล้วว่าอากาศภายนอกเข้าไปในใบได้โดยทางปากใบ เพราะฉะนั้นพืชจึงใช้ออกซิเจนของอากาศที่เข้าไปในใบสำหรับการหายใจ ออกซิเจนที่เข้าไปในใบจะค่อย ๆ กระจายไปตามเซลล์ เมื่อได้เข้าจะผสมกับการขบขึ้นเป็นการขบขึ้นได้ออกไฮโดรเจนแล้ว การขบขึ้นได้ออกไฮโดรเจนก็ถูกส่งกลับมายังใบแล้วจะเหี่ยวออกมาภายนอกโดยทางปากใบ. ส่วนใดของพืชที่เคลื่อนไหวหรือออกกำลังมาก ส่วนนั้นจะหายใจมากกว่าส่วนอื่น ๆ เช่น ยอดที่กำลังเจริญเป็นกิ่งและใบ ดอกไม้ที่กำลังจะบาน และเมล็ดพืชที่กำลังงอกเป็นต้น.

การทดลองที่ ๑ เพื่อแสดงพืชหายใจออกมาเป็นการขบขึ้นได้ออกไฮโดรเจน เหน็บใบในหลอดในขวดปากกว้างสักเล็กน้อย เติมน้ำในหลอดสักสองสามใบผูกกันใบให้ติดกันด้วยค้ายฟอก แล้วนำเอาไปผูกติดกับเข็มหมุดซึ่งปักไว้ที่ปากขวดสำหรับอุดปากขวดอีกทีหนึ่ง เมื่อเอาหลอดนี้แล้วจะเห็นใบไม้ห้อยแขวนเห็นน้ำขึ้นในหลอด ค่อยไปยกขวดนั้นไปตั้งไว้ในหมึก ประมาณสัก ๖ ชั่วโมงลงไปแล้ว เขี่ยรากเอาใบไม้ที่ออกแล้วรีบยกทันที เมื่อเขี่ยขวดนั้นจะเห็นน้ำขึ้นในหลอด ทั้งนี้แสดงว่าใบไม้ได้คายการขบขึ้นได้ออกไฮโดรเจนออกมาเนื่องจากการหายใจ ค่อยไปควรทดลองเช่นเดียวกันกับดอกไม้ที่กำลังจะบาน เมล็ดพืชที่กำลังงอก สำหรับเมล็ดพืชที่งอกใช้ภาชนะรองรับเมล็ดแขวนห้อยไว้ที่ปากขวด.

การทดลองที่ ๒ เพื่อแสดงการหายใจของพืชทำให้เกิดความร้อน เอาเมล็ดถั่วที่กำลังงอกใส่ในถ้วยแก้ว แล้วเอากระดาษของเทอรูมอมิเตอร์ปักลงไประหว่างเมล็ดถั่วและเอาขวดโหลหรือครอบแก้วครอบไว้ คอยสังเกตจะเห็นปรอทขึ้น.

อาหารและการปรุงอาหาร ก่อนที่เราจะเรียนเรื่องอาหาร เราควรจะทราบความหมายของคำว่าอาหารเสียก่อน คำว่า "อาหาร" นั้นหมายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งสัตว์หรือพืชสามารถใช้ในการดำรงให้เกิดความเจริญเติบโต ในการก่อสร้างเซลล์ใหม่ ๆ และในการให้เกิดความร้อนหรือกำลังสำหรับจะใช้ทำงานเพื่อให้ชีวิตดำเนินไป

อาหารของสัตว์หรือพืชแบ่งออกเป็น ๓ จำพวก คือ

๑. โปรตีน เป็นอาหารที่จะไปทำหน้าที่ของเซลล์ มีมากในเนื้อสัตว์หรือเมล็ดถั่วต่าง ๆ.

๒. คาร์โบไฮเดรต ได้แก่อาหารจำพวกแป้งและน้ำตาล แป้งมีมากในเมล็ดข้าว มันเทศ และน้ำตาลมีมากในต้นอ้อย สำหรับสัตว์อาหารชนิดนี้เป็นประโยชน์มากคือทำให้เกิดความร้อนและกำลังงาน สำหรับพืชอาหารชนิดนี้ นอกจากจะให้ประโยชน์ดังกล่าวไว้สำหรับสัตว์แล้ว ยังใช้สำหรับสร้างฝัของเซลล์อีกด้วย.

๓. ไขมัน เป็นอาหารที่ให้ประโยชน์แต่เพียงให้ความร้อนและเกิดกำลังงานเท่านั้น จะใช้แทนโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตไม่ได้ อาหารนี้ไปทำมันในตัวสัตว์ เช่นมันหมูและไขวัว และมีอยู่ในเมล็ดพืชบางชนิดเช่นเนยมะพร้าว เมล็ดกะทัง เมล็ดถั่วลิสง.

เมื่อสัตว์และพืชใช้วัตถุดิบเหมือนกันเป็นอาหาร สัตว์จะไ้วัตถุดิบดังกล่าวข้างบนมาโดยอย่างไร เราจะไม่ค่อยสงสัย ถ้าใครบอกว่าสัตว์ได้มาโดยกินสัตว์หรือพืช เช่นเสือกินวัว ม้ากินหญ้าและข้าวเปลือก แต่ก็ไม่ใช่ง่ายที่จะมองเห็นวัตถุพืชใดวัตถุที่เป็นเหล่านั้น เพราะพืชซ่อนอยู่กับที่ ไปเที่ยวหาอาหารอย่างสัตว์ก็ไม่ได้ และบริเวณที่พืชซ่อนอยู่นั้นก็มีแต่อากาศ น้ำ และดินเท่านั้น พืชใดอะไรเป็นอาหารจึงดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ เรื่อนี้เราจะทราบคำตอบเมื่อใดเรียนรูถึงเรื่องการปรุงอาหารของพืชจึงจะกล่าวต่อไป.

การปรุงอาหารหรือการทำน้ำตาลและแป้งนั้นโดยมากพืชผักจะทำที่ในใบ เพราะใบมีวัตถุสีเขียวเรียกว่าคลอโรฟิลล์ซึ่งมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแสงแดดให้เป็นกำลังงานสำหรับใช้ในการแปรธาตุเกี่ยวกับการปรุงอาหาร เพราะฉะนั้นใบจึงเปรียบเหมือนโรงครัวซึ่งทำหน้าที่เตรียมอาหารให้พืชกิน เราทราบแล้วว่าอากาศประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจนและการบอนไดออกไซด์ การบอนไดออกไซด์เป็นก๊าซชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและออกซิเจน การบอนไดออกไซด์เกิดจากไม้ไหม้ไฟ และลมหายใจออกของสัตว์ เป็นพิษร้ายแรงแก่สัตว์ ถ้าหายใจเข้าไปมาก ๆ อาจจะทำให้สัตว์ตายได้ แต่การบอนไดออกไซด์กลับเป็นประโยชน์แก่พืช เพราะพืชเอามาใช้ในการปรุงอาหาร ในเวลาที่มันแสงแดดเช่นในเวลากลางวัน การบอนไดออกไซด์ก็เข้าไปในใบโดยทางปากใบ แล้วเข้าผสมกับน้ำและสารประกอบของแร่ซึ่งเป็นเกลือละลายปนมากับน้ำจากดินแล้วแปรธาตุเป็นน้ำตาลและออกซิเจน ออกซิเจนนั้นพืชไม่ต้องการจะเก็บเอาไว้ จึงปล่อยออกมาภายนอกโดยทางปากใบ น้ำตาลที่โคทำขนนั้นบางส่วนพืชก็ใช้ทันทีในใบนั้นเอง บางส่วนก็เปลี่ยนเป็นแป้งเก็บรักษาไว้ในเซลล์ซึ่งทำขึ้น และบางส่วนก็ซึมออกไปจากเซลล์ ไปตามเซลล์หลอดอาหาร (Bast) ไปเลี้ยงหรือเก็บไว้ในลำต้น ราก และส่วนอื่นๆ ซึ่งไม่สามารถจะปรุงอาหารได้.

ใบมิใช่แต่จะทำน้ำตาลและแป้งโคเท่านั้น ถึงโปรตีนและไขมันก็เกิดขึ้นในใบด้วยเหมือนกัน เพราะธาตุที่ประกอบขึ้นเป็นไขมันนั้นก็เป็นธาตุอย่างเดียวกันกับที่ใช้ในการทำน้ำตาลและแป้งคือธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ในการปรุงโปรตีนนอกจากจะใช้คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนแล้ว ยังต้องใช้ธาตุไนโตรเจน กำมะถัน และฟอสฟอรัสอีกด้วย ธาตุเหล่านี้นำมาขึ้นมาจากดิน เมื่อโคเข้าผสมกับน้ำตาลจะเป็นที่ใบหรือส่วนของพืชก็ตามก็เปลี่ยนเป็นโปรตีน สำหรับงานตอนนั้นแสงแดดนั้นว่าไม่จำเป็น.

การทดลองที่ ๓ สำหรับพิสูจน์ว่าวัตถุนั้นมีแรงหรือไม่ เอาแม่เหล็กด้วยแก้ว
 สักครึ่งซันชา แล้วเอาน้ำร้อนเทลงไปและกวาดแรงจนแรงจะละลาย เมื่อเย็นแล้วเอาถึงเทอร์
 ไรโอไคกันอย่างอ่อนเทลงไปสักเล็กน้อย จะเห็นสีแดงของไธโอไคนเปลี่ยนเป็นสีเขียว
 ความแก่ทันที ถ้าเอาถึงเทอร์ ไรโอไคนหยดลงบนชอล์กสำหรับเขียนกระดานดำบ้าง สี
 ของไธโอไคนจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย เพราะชอล์กไม่ได้ประกอบด้วยแม่เหล็ก.

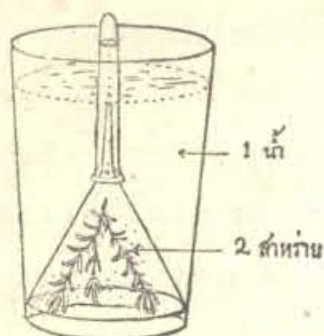
การทดลองที่ ๔ สำหรับพิสูจน์ว่าแม่เหล็กมีในใบไม้หรือไม่ เวลาบ่ายในวันที่มีแสง
 แดด ึงเก็บใบไม้ที่อ่อนและบางเช่นใบกล้วยหรือใบผักไหมสักใบหนึ่ง แล้วแช่ลงในน้ำร้อน
 ที่เดือดสัก ๕ นาที ทิ้งไปเอาใบนั้นแช่ในแอลกอฮอล์จนกว่าสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์จะ
 ละลายออกมาจากใบหมด เมื่อเห็นใบเป็นสีขาว แกม เหลืองอ่อนแล้ว ึงเอาใบนั้นไปลงใน
 ในถึงเทอร์ ไรโอไคนอย่างอ่อน ก็จะได้เห็นสีเขียวความปรากฏขึ้นซึ่งแสดงว่าใบไม้มีแม่เหล็ก

การทดลองที่ ๕ เพื่อแสดงว่าใบไม้ทำแม่เหล็กไม่ได้เมื่อไม่ได้รับแสงแดด เอา
 แม่เหล็ก ๒ อันหรือกระดากแข็ง ๒ แผ่นซ้อนกันเป็นค้ำให้คายใบไม้ใบหนึ่งซึ่งติดอยู่
 กับค้ำ เมื่อ ๓ วันล่วงไปแล้ว ให้เอาค้ำออกแล้วเก็บเอาใบไม้ขึ้นมาใส่ลงในถ้วย
 แก้ว ใช้น้ำเดือดรดสัก ๕ นาที ทิ้งไปเอาใบนั้นแช่ในแอลกอฮอล์ เมื่อสีเขียวละลาย
 ออกหมดแล้ว ึงเอาใบลงในถึงเทอร์ ไรโอไคนอย่างอ่อน จะเห็นตอนของใบที่ติดกับค้ำ
 ไม่เปลี่ยนสีของไธโอไคนคือไม่มีแม่เหล็กขึ้น ส่วนตอนที่ไม่มีติดกับค้ำจะเป็นสีเขียวความ
 ซึ่งแสดงว่ามีแม่เหล็กขึ้น.

การทดลองที่ ๖ เพื่อแสดงว่าคลอโรฟิลล์เป็นของจำเป็นในการทำแม่เหล็กในใบไม้
 เวลาบ่ายในวันที่มีแสงแดด เก็บใบโกสนที่มีสีขาวและสีเขียว แล้ววากภาพของใบลง
 ไว้ในกระดากเพื่อจะได้นำมาภายหลังว่าตอนไหนของใบเป็นสีขาว และตอนไหนเป็นสี
 เขียว ทิ้งไปเอาใบนั้นแช่ลงในน้ำร้อนที่เดือดสักครึ่งหนึ่งแล้วเอาไปแช่ในแอลกอฮอล์จน
 กว่าคลอโรฟิลล์จะละลายออกจากใบหมด เมื่อเอาใบไปลงในถึงเทอร์ ไรโอไคน อย่างอ่อน
 จะเห็นส่วนของใบที่มีสีเขียวเท่านั้นที่มีแม่เหล็กขึ้น.

การทดลองที่ ๗ เพื่อแสดงว่าใบทำแบ่งไม่ได้ ถ้าขาดการขยอนโคออกไซก. เพราะเมล็ดพืชในกระดางเล็ก ๆ พอค้นสูงประมาณ ๑๐ เซนติเมตร ก่อนจะใช้ทดลอง ให้งอกไปเก็บไว้ในตู้หรือหีบที่แสงสว่างลอดเข้าไปไม่ได้สัก ๓ วัน แล้วจึงยกเอาไปตั้ง ในชวคโหลอย่างขนาดใหญ่ ภายในชวคโหลมีถวียน้ำใสโซดาไฟ (Caustic soda) ตั้ง อยู่ด้วย ยัดฝาชวคโหลให้สนิทอย่าให้อากาศภายนอกเข้าไปได้ ในเวลาเช้าเมื่อแดด ออก ยกชวคโหลนั้นไปตั้งในที่ ๆ มีแสงสว่าง พอค่อนย้ายจึงเกิดใบไม้มาใบหนึ่งแล้ว ทำการพิสูจน์ความแบ่งเกิดขึ้นหรือไม่ด้วยการทดลองที่ ๘ ก็จะทราบว่าแบ่งไม่เกิดขึ้นใน ใบ เพราะโซดาไฟกัดเอาการขยอนโคออกไซกที่ในชวคโหลไว้หมด.

การทดลองที่ ๘ เพื่อแสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใบกำลังทำแบ่งอยู่ ใบคายออกซิเจนออกมา. เอาต้นสาหร่ายสีเขียว ใส่ลงในถ้วยแก้วใส่น้ำ เอากรวยแก้วคว่ำ ครอบต้นสาหร่ายนั้น แล้วเอากะบอกแก้วใส่น้ำเต็มคว่ำลงบนหลอดของกรวยแก้ว



รูปที่ ๘๑ แสดงเครื่องทดลอง การหายใจของพืช

อีกทีหนึ่ง เพื่อดักจับก๊าซที่จะออกมาจากสาหร่าย ยกเครื่องทดลองไปตั้งไว้ในที่ ๆ มีแสงแดด แล้ว ค่อยสังเกต จะเห็นฟองก๊าซออกมาจากสาหร่าย ทีละน้อย ๆ เข้าไปในกระบอกแก้ว พอกระบอกแก้ว มีก๊าซพอสมควรแล้ว เอาไม้ขีดไฟที่กำลังจะดับจ่อ ลงไปในกระบอกแก้ว จะเห็นไม้ขีดไฟนั้นลุกสว่าง ใ้ลวทันที ทั้งนี้แสดงว่าก๊าซที่ออกมาจากต้นสาหร่าย นั้นเป็นออกซิเจน. (รูปที่ ๘๑)

การเปรียบเทียบการหายใจกับการปรุงอาหาร การหายใจเป็นการกระทำ ตรงกันข้ามกับการปรุงอาหาร การหายใจเป็นการใช้กำลังงานที่เก็บไว้ในแป้ง น้ำตาล และน้ำเลี้ยงให้หมักเปลี่ยนไป เพราะเวลาหายใจสิ่งเหล่านี้ถูกทำลายแล้วผสม

กับออกซิเจน เป็นการบอนไดออกไซด์ระเหยขึ้นไปในอากาศ ฉะนั้นน้ำหนักของพืชจึงลดลง ทุกส่วนของพืชตั้งแต่รากจนถึงใบต้องหายใจทั้งนั้น เพราะเซลล์ที่ประกอบส่วนต่าง ๆ ของพืชเช่นสังเคราะห์ด้วยแสง พืชหายใจเรื่อยไปตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน แต่ในเวลาที่มีแสงสว่างเช่นในเวลากลางวัน ถ้าต้องการพิสูจน์ว่าพืชหายใจหรือเปล่านั้น มักจะไม่ใคร่ได้ผลเหมือนในเวลากลางคืน ทั้งนี้เพราะการบอนไดออกไซด์ที่พืชหายใจออกและต้องการจะปล่อยออกนอกใบ กลับถูกกักเอาเข้าไปใช้ในการปรุงอาหารต่อไป.

ส่วนการปรุงอาหารนั้นเป็นการสร้างกำลังงานไว้ในแป้งและน้ำตาล เวลาปรุงอาหารพืชใช้การบอนไดออกไซด์จากอากาศ น้ำจากดิน และกำลังงานของแสงอาทิตย์ แล้วคายออกซิเจนออกมา ผลที่ได้จากการปรุงอาหารคือแป้งและน้ำตาล ฉะนั้นน้ำหนักของพืชจึงเพิ่มขึ้น ส่วนของพืชที่มีสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์เท่านั้นที่สามารถทำการปรุงอาหารได้.

สังเขปความ

๑. “อาหาร” คือสิ่งที่สามารถทำให้สัตว์หรือพืชเจริญเติบโต มีความร้อนและกำลังที่จะทำการงาน อาหารแบ่งออกเป็น ๓ จำพวก คือโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีนมีประโยชน์ใช้ทำน้ำเลี้ยงของเซลล์ คาร์โบไฮเดรต ไขมันทำให้เกิดความร้อนและกำลังงาน.

๒. เปรียบเทียบการหายใจกับการปรุงอาหาร.

การหายใจ

๑. ทุกส่วนของพืชหายใจ.
๒. หายใจเรื่อยไปตลอดเวลา.
๓. กูดอกซิเจนจากอากาศ

การปรุงอาหาร

๑. ส่วนของพืชที่มีคลอโรฟิลล์เท่านั้นสามารถปรุงอาหารได้.
๒. ทำได้แต่เมื่อเวลาที่มีแสงสว่าง.
๓. ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

๔. ค่ายการขบองไคออกไซค
๕. น้ำตาลน้ำเลี้ยงถูกทำลาย.
๖. น้ำหนักของพืชลดลง.
๗. ความร้อนและกำลังงานเกิดขึ้น

จากอากาศและน้ำจากดิน.

๔. ค่ายกาซออกซิเจนออกมา.
๕. ทำแบ่งและน้ำตาลขึ้น.
๖. น้ำหนักของพืชเพิ่มขึ้น.
๗. ใช้ความร้อน และกำลังงาน ที่
ได้จากแสงอาทิตย์

๓. พืชไม่ไคทำแต่แบ่งน้ำตาลเท่านั้น ยังทำไขมันและโปรตีนด้วย เพราะ
อาหารเหล่านี้ประกอบด้วยธาตุการขบอง ไคไคโรเจนและออกซิเจนเช่นเดียวกับแบ่งและ
น้ำตาล แต่ในการทำโปรตีนต้องเพิ่มธาตุไนโตรเจน กำมะถันและฟอสฟอรัสเป็นพิเศษ

คำถาม

๑. เหตุไคสิ่งทมิซวตจึงต้องหายใจ ?
๒. พืชหายใจไคอย่างไร ? และส่วนไหนของพืชที่หายใจมากที่สุด เพราะ
เหตุไค ?
๓. จงอธิบายถึงการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าขณะพืชหายใจอยู่นั้นมีความ
ร้อนเกิดขึ้น และพืชคายการขบองไคออกไซคออกมา.
๔. อาหารของสัตว์และพืชแบ่งออกเป็นจำพวก ? มีอะไรบ้าง ?
๕. สัตว์และพืชสีเขียวไคอาหารที่กล่าวนั้นมาไคอย่างไร ? จงอธิบายมาให้
ฟังอย่างละเอียด.
๖. จงทำการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าคลอโรฟิลล์, การขบองไค ออกไซค,
และแสงสว่างเป็นของจำเป็นสำหรับการปรุงอาหารของพืช.
๗. การหายใจต่างกันกับการปรุงอาหารอย่างไร ?
๘. พืชและสัตว์เกี่ยวข้องกันอย่างไร ?

บทที่ ๓๙

อะมีบา

(Amoeba)

สัตว์ชนิดต่างๆ สัตว์ที่อยู่ในโลกนี้มีมากมายหลายชนิด เพราะฉะนั้น เพื่อสะดวกในการที่จะศึกษาสัตว์เหล่านี้ นักวิทยาศาสตร์จึงได้จำแนกสัตว์ออกเป็น พวกเป็นหมวดหมู่ตามแต่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันมากและน้อย เมื่อพิจารณาถึงลักษณะรูปร่างของสัตว์ทั่วไปแล้ว จะเห็นว่ามียอดแตกต่างกันที่สำคัญคือ ในการที่มียอดหลังก็ไม่มี ยอดหลัง เพราะฉะนั้นจึงแบ่งสัตว์ออกเป็น พวกใหญ่ๆ ได้สองพวกตามความแตกต่างกัน สัตว์พวกใหญ่พวกหนึ่งๆ ยังแบ่งย่อย ออกไปอีกจึงจะเห็นต่อไปนี้.

ก. สัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง

๑. ปลา (Fishes) เช่น ปลาช่อน ปลาหมอ ปลาทู ฯลฯ
๒. สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (amphibians) เช่น คางคก กบ ฯลฯ
๓. สัตว์เลื้อยคลาน (reptiles) เช่น เต่า จิ้งเหลน กระจง ฯลฯ
๔. สัตว์จำพวกนกและไก่ (Aves) เช่น นกกระเรียน กา ไก่ ฯลฯ
๕. สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammals) เช่น แมว สุนัข กระต่าย สุนัข และ วัว ม้า ลิง มนุษย์ ฯลฯ

ข. สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง

สัตว์ในพวกนี้แบ่งย่อยออกไป มากกว่าสัตว์พวกที่มีกระดูกสันหลัง ที่สำคัญคือ.

๑. สัตว์ที่มีลำตัวทำและขาเป็นปล้อง (Arthropods) เช่นแมลงชนิดต่าง ๆ

แมงมุม ปู กุ้ง ฯลฯ

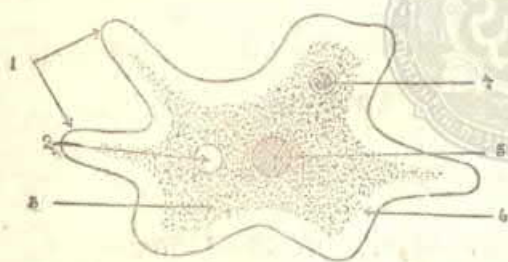
๒. สัตว์จำพวกหอยและปลาหมึก (Mollusca) เช่น หอยนางรม หอย

แมลงภู่ ปลาหมึก ฯลฯ

๓. สัตว์ที่มีลำตัวเป็นวงแหวนเล็ก ๆ (Annelids) เช่น ไส้เดือน ปลิง ฯลฯ

๔. สัตว์เซลล์เดียว (Protozoa) เช่นอะมีบา ปารามีเซียม ฯลฯ

ต่อไปนี้เราจะไล่เรียงถึงสัตว์เซลล์เดียว เช่นตัวอะมีบาก่อน เพราะสัตว์อะมีบาจะให้ความรู้ในเรื่องการเป็นอยู่และชีวิตของสัตว์ใด ๆ แม้ตัวอะมีบาจะเล็กมาก แต่ก็เป็นสัตว์ที่น่าสนใจได้ เพราะนักวิทยาศาสตร์พากันเชื่อว่าสัตว์แรกที่เกิดขึ้นบนโลกนั้นมีลักษณะคล้ายตัวอะมีบา.



รูปที่ ๘๒ รูปตัวอะมีบา

1. ดินเหนียว
2. ร่องถ่ายสิ่งโสโครก
3. น้ำเลี้ยงชั้นใน
4. ช่องอาหาร
5. นิวเคลียส
6. น้ำเลี้ยงชั้นนอก

อะมีบา (Amoeba) อะมีบาเป็น

สัตว์เซลล์เดียวที่เล็กมาก และมีรูปร่าง

ไม่คงที่ มีขนาด $\frac{1}{100}$ นิ้ว ตัวขนาด

ใหญ่ที่สุดจะมองเห็นด้วยตาเปล่า เป็นจุด

ขาวเล็ก ๆ เท่านั้น เพราะฉะนั้นถ้าจะให้

เห็นแจ่มแจ้งก็จะต้องใช้กล้องจุลทรรศน์

ส่องดู อะมีบาอาศัยอยู่ในน้ำนิ่งตามบ่อ

น้ำที่ตื้นหรือตามดินชื้นแฉะ บางทีก็

เกาะอยู่กับใบไม้ที่ผุหรือตามโคลนที่

ก้นบ่อ เมื่ออยู่ในกล้องจุลทรรศน์ ดังรูปที่ ๘๒ จะเห็นความมันแบบกอนนาลอย

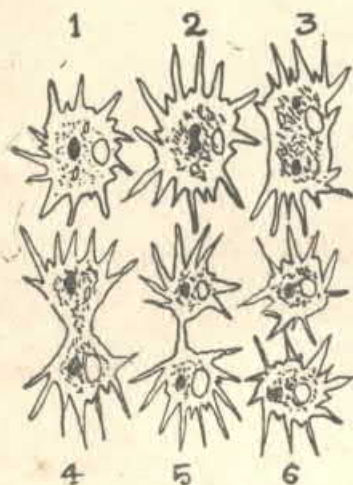
(protoplasm) ซึ่งเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ โดยที่ส่วนหนึ่งของร่างกายเป็นดินเหนียว

(pseudopodia) หลายยื่นออกไปก่อน แล้วก็ลากตัวตามไปทีละที มันเคลื่อนไปได้
 อย่างเร็วเป็นระยะทาง $\frac{1}{50}$ นิ้วใน ๑ นาที มันไม่ชอบแสงสว่างจ้า น้ำเลี้ยงซึ่ง
 ประกอบตัว อะมีบาแบ่งออกเป็นสองชั้นคือ ชั้นนอก และชั้นใน น้ำเลี้ยงชั้นนอก
 (ectoplasm) นั้นใสสะอาด ส่วนน้ำเลี้ยงชั้นใน (endoplasm) นั้นขุ่น เพราะประกอบ
 ด้วยเม็ดละเอียดๆ มากมาย ภายในร่างกายมักมีน้ำเลี้ยงชั้นนอกอยู่ก่อนหนึ่ง มีสเต็ม
 นิวเคลียส (nucleus) นิวเคลียสเป็นของสำคัญเปรียบเหมือนหัวใจของอะมีบา ถ้า
 ตัดเอาออก อะมีบาจะเจริญเติบโต และสืบพันธุ์ไม่ได้.

นอกจาก นิวเคลียส แล้วยังเห็นหยดของเหลว คล้ายน้ำตาลอมรอย พืชเล็กๆ
 เช่นในจำพวกสาหร่าย (algae) ที่อะมีบาไถกินเข้าไปและกำลังย่อยอยู่ นั่นคือช่อง
 อาหาร (food vacuole) อะมีบาไม่มีปากสำหรับใช้กินอาหาร เมื่อมันพบสาหร่ายเข้า
 มันก็คืบคลานของมันเข้าล้อมเอาไว้ แล้วปล่อยน้ำย่อยอาหารใส่ๆ ออกมาสัมผัสกับ
 อาหารนั้น ครั้นใดก็เกิดเยื่อหุ้มเข้าไปย่ำร่างกายนั่น มันก็เคลื่อนที่ต่อไป
 และทิ้งกากอาหารที่ย่อยไม่ได้ไว้เบื้องหลัง.

ภายในร่างกายนอกจากนิวเคลียสแล้ว เราจะเห็นช่องกลมๆ เล็กๆ ช่องหนึ่ง
 ช่องนี้ขยายใหญ่เข้าทุกที แล้วในที่สุดก็ระเบิดแตกออกไป ต่อไปก็เริ่มมีช่องเกิดขึ้น
 ในที่เดียวกันอีกแล้วก็ระเบิด ช่องนี้เต็มไปด้วยน้ำซึ่งมีสิ่งโสโครกของร่างกายละลาย
 อยู่ สิ่งโสโครกของร่างกายเป็นสารประกอบของธาตุในโตรเจนซึ่งมันต้องการจะกำจัด
 ออกจากร่างกาย เมื่อช่องนี้ระเบิดแตกออก น้ำก็ชะพาเอาสิ่งโสโครกไปด้วย ช่องนี้
 เรียกว่า “ช่องถ่ายสิ่งโสโครก” (contractile vacuule).

อะมีบาไม่มีอวัยวะเพราะลำหรับหายใจเช่นปอด มันหายใจโดยดูดออกซิเจนซึ่ง
 ละลายในน้ำเข้าไปในร่างกาย แล้วถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา,



รูปที่ ๘๓

รูปแสดงการแบ่งตัวของมีบา ๖ ชั้น

เมื่อสิ่งมีชีวิตลัสมเหมาะกับการเป็นอยู่ของมัน มันกินอาหารแล้วเจริญเติบโต พอตัวของมันโตเต็มที่แล้ว มันก็เริ่มสืบพันธุ์โดยการแบ่งตัวของมันเองออกเป็น ๒ ส่วน ครึ่งแรกนิวเคลียสเริ่มแบ่งออกเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน แล้วส่วนหนึ่งก็ค่อยๆ แยกห่างออกจากกัน ต่อมาน้ำเลี้ยงแบ่งออกเป็นสองส่วนข้าง พอนิวเคลียสที่แบ่งขาดออกจากกันก็จะเป็นตัวอะมีบาย่ออมๆ ๒ ตัว ตัวหนึ่งประกอบด้วยน้ำเลี้ยงเต็มครึ่งหนึ่ง และนิวเคลียสเต็มครึ่งหนึ่ง

รูปที่ ๘๓ แสดงการแบ่งตัวของมีบา ๖ ชั้น

ร่างกายอันแคบยาวของตัวอะมีบาของการนำหลอดเลี้ยงพอสัมควร ถ้าหากว่าน้ำในบ่อที่มีน้ำอาศัยอยู่แห้งหมด และมีน้ำอยู่ต่อไปไม่ได้แล้ว มันก็ม้วนตัวของมันเป็นลูกกลมและหุ้มด้วยเกราะซึ่งเป็นสิ่งที่ยึดกันมันมิให้ตาย ในลักษณะเช่นนี้มันอาจจะแห้งและลูกกลมพัดพาไปในอากาศก็ได้ ถ้ามันยังคงอยู่ในที่เดิม พอมีฝนตกลงมาหรือมีความชุ่มชื้นบ้างแล้ว มันก็จะออกจากเกราะแล้วคงตนชีวิตใหม่.

สังเขปความ

๑. สัตว์แบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๒ พวก คือ สัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง กับ สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง.

๒. อะมีบาเป็นสัตว์เซลล์เดียวที่เล็กมาก ร่างกายประกอบด้วยน้ำเลี้ยงสองชั้น ภายในน้ำเลี้ยงมีนิวเคลียส ๑ นิวเคลียส ช่องอาหาร และช่องถ่ายสิ่งโสโครก หายใจโดยดูดออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำเข้าไปในร่างกาย เคลื่อนที่โดยคืบคั้นเทียม

ออกมาก่อนแล้วลากตัวตามไปที่หลัง กินอาหารโดยยักตัวเข้าลิ้นอาหารไว้ ทัวพัน
โดยการแบ่งตัวเองและรักษาชีวิตในยามคับขันโดยการเข้าเกราะ.

คำถาม

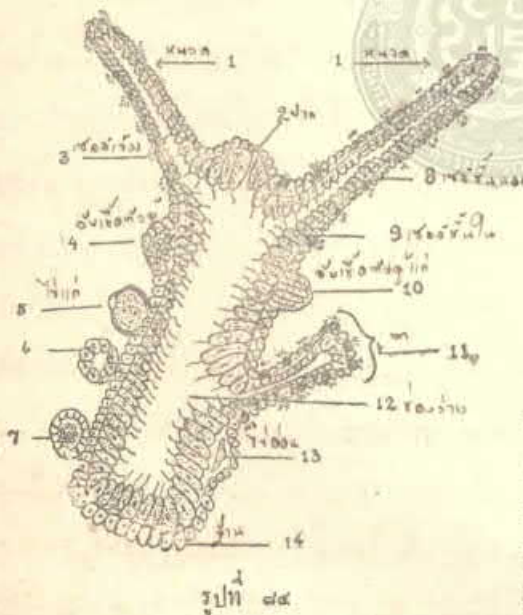
- (๑) สัตว์ที่มีกระดูกสันหลังแบ่งออกเป็นพวกที่สำคัญอะไรบ้าง.
- (๒) เองออกนามสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังมาสัตว์พวก.
- (๓) เองพรรณนาถึง ตัวอะมีบา และ กล่าวถึง คุณสมบัติที่ มันมีเหมือนสัตว์
ชนิดอื่น ๆ.



บทที่ ๔๐

ไฮดรา (Hydra)

ไฮดรา เป็นสัตว์เล็กๆ อาศัยอยู่ในน้ำจืด ตัวใหญ่กว่าอะมีบา ร่างกายประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ เราจะมองเห็นมันได้ด้วยตาเปล่า ถ้าจะดูรูปร่างของมันให้ชัดเจนก็ต้องใช้แว่นขยายหรือกล้องจุลทรรศน์ส่องดู มันมักเกาะอยู่กับกิ่งไม้เล็กๆ ตามหินหรือรากต้นไม้ในน้ำในบ่อและตามลำธาร ที่น้ำไหลไม่แรง บางชนิดมีสีเขียวใสไม่มี บางชนิดมีสีน้ำตาล และบางชนิดก็ขาวล้วน ตัวมันยาวตั้งแต่ $\frac{1}{8}$ ถึง $\frac{1}{2}$ นิ้ว และโตจนากเท่าเส้นกายเข็มฉีเสื้อ ตัวเป็นหลอดกลวง (รูปที่ ๘๔) ซึ่งประกอบด้วยหมู่เซลล์สองชั้น คือหมู่เซลล์ชั้นนอก (Ectoderm) และหมู่เซลล์ชั้นใน (Endoderm) ใต้ลำตัวมันและเป็นฐาน เห็นอวัยวะเป็นปากซึ่งมีหนวด (Tentacles)



- 1 หนวด (Tentacles)
- 2 ปาก
- 3 เซลล์เข็ม (Nematocytes)
- 4 อวัยวะตัวอ่อน (young testis)
- 5 ไข่แก่
- 6 ความเจริญของไข่ระยะที่ ๒ (Blastula)
- 7 ความเจริญของไข่ระยะที่ ๓ (Gastrula)
- 8 เซลล์ชั้นนอก (ectoderm)
- 9 เซลล์ชั้นใน (endoderm)
- 10 อวัยวะตัวเต็ม (mature testis)
- 11 ตา (Bud)
- 12 ช่องว่างกลางตัว
- 13 ไข่อ่อน (Young egg)
- 14 ฐาน (Basal disc)

ลักษณะประมาณ ๖ ถึง ๑๐ เส้น

หมู่เซลล์ชั้นในซึ่งอยู่ในช่องลำตัวเกี่ยวกับการ

ย่อยอาหาร ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ชนิดหนึ่งทำหน้าที่เหมือนตอม คือส่งน้ำย่อยอาหารออกมาละลายอาหาร อีกชนิดหนึ่งมีสายนำเลี้ยง (Flagella) ยาวยื่นออกมาคล้ายขน ซึ่งทำหน้าที่พกน้ำและอาหารให้เป็นกระแสส่วนเวียนอยู่ภายในช่องลำตัว อีกชนิดหนึ่งทำหน้าที่กักอาหารเข้าไปเลี้ยงร่างกาย

หมู่เซลล์ชั้นนอก (Ectoderm) ก็มีหลายชนิดเหมือนกัน ชนิดหนึ่งมีความรู้สึกมากประกอบกับเส้นประสาทของเรา อีกชนิดหนึ่งใช้สำหรับยึดหกลำตัว อีกชนิดหนึ่งเป็นถุงเล็ก ๆ ซึ่ง มีเข็ม และยาพิษ อยู่ข้างใน (Nematocysts) เมื่อศัตรูมารบกวน มันก็พุ่งเข็มออกไปแทงแล้วปล่อยยาพิษออกมา ทั้งนี้ทำให้ศัตรูสับสนหรือตายได้

ตัวไฮดรากินส์ตัวเล็ก ๆ ในน้ำเป็น อาหาร วิจัยสัตว์เขาไปเป็นอาหาร มันใช้หนวดสัมผัส พอสัมผัสแล้วมันก็ปล่อยเข็มออกมาแทงและฉีกยาพิษ ครั้นสัตว์ตายแล้ว มันก็ใช้หนวดจับตัว ส่งเข้าไปในปาก พอสัตว์เลื้อยลงไปในช่วง ลำตัว (Gastric Cavity) พวกเซลล์ชั้นในก็ ทำการย่อย แล้วดูดเอา อาหาร ไปเลี้ยงร่างกาย ส่วนกากอาหารนั้นถ่ายออกมาทางปาก โดยการโบกไปมาของสายนำเลี้ยง (Flagella)

ตัวไฮดรากินส์ไม่มีปากสำหรับหายใจ มันใช้ร่างกายของมันดูดออกซิเจนเข้าไป แล้วคายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา

เมื่อไฮดรากินส์ต้องการจะเคลื่อนไปบนวัตถุ ที่มันเกาะอยู่ มันก็เชยฐานของมันเลื้อยไป บางคราวมันหกคะเมนไป คือ โกงลำตัวลงมาจากหนวดสัมผัสกับพื้นวัตถุที่มันเกาะ แล้วยกฐานขึ้นซบเข้า คือไปมันก็โกงลำตัวลงมากอีก พอฐานมาถึงพื้นวัตถุที่มันเกาะแล้ว มันก็ขยันทวนแล้วก็งัดตัวตรง ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าจะถึงยังที่มันต้องการไป ถ้ามันต้องการจะไปไกล ๆ มันก็ว่ายน้ำไป โดยงอตัวไปมา แล้วใช้หนวดโบกน้ำข้าง ขณะที่ยังเกาะอยู่ถ้ามันอะไรไปรบกวนมัน มันก็หักตัวของมันลงเป็นก้อนเล็กกว่าหัวเข็มหมุดเล็กน้อย.

ไฮดราสืบพันธุ์โดยแตกหน่อหรือตามข้าง ๆ ลำตัว ตาหรือหน่อเจริญเป็น
ตัวไฮดราอย่างขนาดเล็ก แล้วก็หลุดจากตัวเดิมเพื่อไปดำรงชีวิตอยู่ตามลำพัง.

ตัวไฮดราแม้ว่าจะถูกตัดออก เป็นท่อน ๆ ท่อนหนึ่ง ๆ ก็สามารถเจริญเป็นตัว
ไฮดราชนิดใหม่ได้.

นอกจากนี้ไฮดรายังสืบพันธุ์โดยใช้เครื่องเพศ (Sexual reproduction) ไฮดรา
ตัวหนึ่งมีรังไข่ (Ovary) งอกยื่นออกมาตามข้าง ๆ ตัวใกล้กับฐาน และมีรังไข่ตัวผู้
เจริญออกมาเห็นอวัยวะ รังไข่รังหนึ่งมีไข่อยู่ ๑ ฟองเท่านั้น ส่วนรังไข่ ตัวผู้
(Testis) มีตัวเชื้อตัวผู้ (Spermatozoa) อยู่มากมาย ตัวเชื้อตัวผู้ประกอบด้วย
นิวเคลียส (Nucleus) ๑ ตัว และหาง (Flagellum) ๑ ตัว รังไข่ตัวผู้ก็แตกออก
แต่ไข่ยังคงอยู่ภายในรัง เมื่อรังไข่ตัวผู้แตกตัวเชื้อตัวผู้ลงไปในตัวเชื้อตัวผู้
ว่ายน้ำไปได้อย่างรวดเร็ว เมื่อไปพบรังไข่ก็เข้าผสมกับไข่ ไข่ที่โคเชื้อตัวผู้เข้าผสม
แล้วก็เจริญเป็นตัวไฮดราอันต่อไป.

แม้ว่าไฮดราตัวหนึ่งจะมีเครื่องเพศทั้ง ๒ อย่าง รังไข่และรังไข่ตัวผู้หาได้ยาก
พร้อมกันไม่ เพราะฉะนั้น ไข่ของไฮดราตัวหนึ่ง มักจะ ผสมกับเชื้อ ตัวผู้ของอีก
ตัวหนึ่ง.

สังเขปความ

ไฮดราเป็นสัตว์หลายเซลล์ซึ่งเกาะอยู่กันเป็นกลุ่มและรวมกันเป็นก้อน ตัวโตเท่า
เส้นด้ายและยาวไม่เกินครึ่งนิ้ว ลำตัวเป็นหลอดกลวง ตอนบนของลำตัวเป็นปากซึ่งมี
หนวก ๖ ถึง ๑๐ เส้น ใต้ลำตัวคั่นและเป็นฐาน หมู่เซลล์ ในช่อง ลำตัว มีหลาย
ชนิด บางชนิดละลายอาหาร บางชนิดมีสายนํ้าเลี้ยงสำหรับพักอาหารให้เป็น
กระแส บางชนิดกักอาหาร หมู่เซลล์ชั้นนอกก็มีหลายชนิด บางชนิดทำหน้าที่
เป็นเส้นประสาท บางชนิดใช้สำหรับยึดหกลำตัว บางชนิดมีเข็มและยาพิษ มัน

จับสัตว์ที่เป็นอาหารโดยใช้หนวดสัมผัสแล้วจึงคว้าเข้าไป เอา
 หนวดส่งสัตว์นั้นเข้าไปในปากเพื่อให้มันเชลลขุ่นในการทำเหยื่อ มันหายใจโดยใช้
 ร่างกายยกออกซิเจนเข้าไป เคลื่อนที่โดยใช้ขาไป หกกระเเมนไปหรือว่ายน้ำไป
 ไฮดรามีรังไข่เกิดขึ้นตามข้างๆ ลำตัวใกล้ฐานและมีรังไข่ตัวผู้เกิดขึ้นเห็นอวัยวะ รัง
 ไข่มีไข่อยู่ ๑ ฟอง รังไข่ตัวผู้มีตัวเชื้อตัวผู้หลายตัว เมื่อรังไข่ตัวผู้ตก ไข่
 ตัวเชื้อตัวผู้ลงไปน้ำ ตัวเชื้อตัวผู้ว่ายน้ำไปเข้าผสมกับไข่ภายในรัง ไข่ที่ได้ผสมแล้ว
 ก็เจริญเป็นตัวไฮดรา รังไข่และรังไข่ตัวผู้ของไฮดราตัวเดียวกันสักไม่พร้อมกัน
 ฉะนั้นจึงผสมกันไม่ได้ ต้องอาศัยเชื้อตัวผู้ตัวอื่น ไฮดรายังสืบพันธุ์โดยแตกตา
 ตามข้างๆ ลำตัว.

คำถาม

๑. ไฮดรา มีลักษณะรูปพรรณอย่างไร ?
๒. รังไข่ถึงชีวิตประวัติของไฮดรามาผสมกัน.

๔๑

ไส้เดือนในดิน



รูปที่ ๔๕ รูปไส้เดือนตัดแสดงส่วนต่าง ๆ ภายใน

1. ส่วนของลำไส้ที่งอเข้าข้างใน (Typhlosole)
2. อวัยวะกำจัดสิ่งโสโครก (Nephridium)
3. ท่อกำจัดสิ่งโสโครกภายนอก (Nephridiopore)
4. ช่องกำจัดสิ่งโสโครกภายใน (Nephrostome)
5. เส้นประสาท (Nerve Cord)
6. เส้นโลหิตใหญ่ใต้ท้อง (Ventral Blood Vessel)
7. ช่องลำไส้ (Intestinal Cavity)
8. ช่องว่างในลำตัว (Coelom)
9. เซลล์ชั้นนอกของลำไส้ (Chloragen cells)
10. มัดกล้ามเนื้อยาว (Longitudinal muscles)
11. ขน (Setae)
12. มัดกล้ามเนื้อกลม (Circular Muscles)
13. ผนังชั้นใน (Epidermis)
14. ผนังชั้นนอก (cuticle)
15. เส้นโลหิตใหญ่ที่สันหลัง (Dorsal Blood Vessel)

ไส้เดือนมีลำตัวกลมและค่อย ๆ เล็กไปทางหัว ส่วนข้างหางนั้นที่แคบและสั้นเล็กน้อย ลำตัวประกอบด้วยวงเนื้อ (segments) ที่ติดต่อกันไม่น้อยกว่า ๑๐๐ วง ไส้เดือนมักชอบอยู่ในดินชั้นตื้นๆ ไม่รบกวนใครมากนัก กินทรายและเศษไม้ไม่มีเสียง เมื่อเวลาอากาศชื้นแฉะเช่นเวลาฝนตกหรือเวลากลางคืน มันมักจะซ่อนตัวแล้วเลื้อยไปตามพื้นดิน.

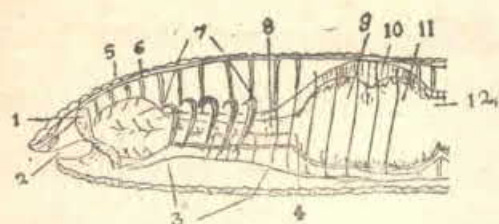
ร่างกายของมันห่อหุ้มด้วยหนังบางที่ เบี่ยง และ เป็น เมือก เล็ก น้อย ผิวหนังเช่นนี้ทำหน้าที่หายใจด้วย คือให้ออกซิเจนผ่านเข้าไปยังเส้นโลหิตละเอียดๆ ที่อยู่ภายในและให้คาร์บอนไดออกไซด์ผ่านออกมาภายนอก ไส้เดือนไม่มีตาแต่ก็สามารถรู้สึกได้ว่าที่ไหนมืดและที่ไหนสว่าง ถ้าเอามันใส่

ลงในหีบหมักข้างหนึ่งและสว่างข้างหนึ่ง มันจะเลื้อยเข้าไปในคอนหมักของหีบ มันไม่มีหู แต่ความกระตือรือร้นของฟันกินแม่แต่บ่อยก็ทำให้มันรู้สึก ถ้าเขาไม่เขยมัน มันก็รู้สึกการสัมผัสของไม้นั้น ฉะนั้นจึงเห็นได้ว่ามันมีเส้นประสาทอยู่ตามผิวหนังทั่วไป และโดยเฉพาะคอนหีที่มีความรู้สึกดีกว่าคอนหาง.

ไค้หนึ่งหุ้มลำตัวมีกล้ามเนื้อ ๒ ชิ้น รูปที่ ๘๕ กล้ามเนื้อชิ้นนอกเป็นวงรอบลำตัว และกล้ามเนื้อชิ้นในเป็นแผ่นยาวตามลำตัวตั้งแต่หัวจนถึงหาง.

ไค้ที่มีขนแข็ง ๆ (setae) ละเอียดยิ่ง มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าอยู่แยกแหวตลอดลำตัว นอกจากดวงเนื้อข้างหัว กับดวงเนื้อข้างหางเท่านั้นที่ไม่มีขนแข็ง ไค้เคลื่อนไหวโดยอาศัยการยืดหดของกล้ามเนื้อตามลำตัวและการใช้ขนแข็ง ๆ จิกกับพื้นดิน เช่นเมื่อมันต้องการจะไปข้างหน้า มันก็ใช้ขนแข็งทางหางจิกพื้นดินเป็นหลักไว้ แล้วยกคอนหัวออกไปเค็มที่ ต่อไปมันใช้ขนทางคอนหัวจิกพื้นดิน ถอนขนคอนหางขึ้น แล้วหดรูดเนื้อทางคอนหางและลากหางตามไป.

อาหารของไค้เกือบคือพืชวัตถุขึ้นกับดิน เมื่ออาหารตกลงไปในลำคอ มันย่อยอาหารจากท้องในลำคอก็ไหลออกมาปน แล้วอาหารก็เลื้อยเข้าไปพอกในที่พักอาหารชั่วคราว (crop) รูปที่ ๘๖. ต่อไปอาหารที่กลบย่อยในกิน (gizzard) ให้แตกละเอียดยิ่งขึ้น แล้วจึงส่งผ่านไปในลำไส้ ลำไส้ทำการย่อยเป็นครั้งสัปดาห์แล้วก็ดูดเอาอาหารส่งไปตามเส้นโลหิตเพื่อนำไปบำรุงร่างกาย ส่วนกากอาหารก็ถ่ายเป็นมูลออกมาของไว้นพื้นดิน มูลไค้เกือบเป็นดินละเอียดและร่วนซุยเป็นดินที่ดีสำหรับการเพาะปลูก ไค้เกือบนอกจากจะช่วยทำดินปลูกให้ดีขึ้นแล้ว ยังทำดินปลูกให้โปร่งโดยการขุดรูอีกด้วย ทั้งนี้เพราะเป็นประโยชน์ต่ออากาศและน้ำลงไปยังดินล่างได้.



รูปที่ ๘๖

รูปนี้แสดงผ่าตามยาวแสดงส่วนต่าง ๆ ภายใน

1. สมอง (cerebral ganglion)
2. ปาก
3. เส้นประสาท
4. เส้นโลหิตใหญ่ใต้ท้อง
5. กล้ามเนื้ออก
6. กล้ามเนื้อขา
7. หัวใจ
8. หลอดอาหาร (esophagus)
9. ที่พักอาหารชั่วคราว (crop)
10. เส้นโลหิตใหญ่ใต้หลัง
11. กึ๋น (Gizzard)
12. ตับ

ไส้เดือนมีหัวใจ ๕ หัวใจ สำหรับ

สับฉีกโลหิต และมีเส้นโลหิตใหญ่
๒ เส้นซึ่งอยู่ใต้สันหลัง เส้นหนึ่ง และ ท
ท้องเส้นหนึ่ง.

เครื่อง กำ จัก สิ่ง ไส้ ไครก เป็น

หลอดเล็ก ๆ ขยับไปมา ปลายหลอด
ข้างหนึ่งทะลุหนึ่ง ตามข้างท้อง ออก มา
ภายนอกร่างกาย ส่วนปลายอีกข้างหนึ่ง
แตกออกเป็น ฝอย เพื่อ สำหรับ คัด สิ่ง
ไสไครกออกจากร่างกาย วนเนอ
วงหนึ่งมีสองหลอด ซึ่งอยู่ข้างซ้าย
หลอดหนึ่งและอยู่ข้างขวาหลอดหนึ่งของ
ลำตัว.

ไส้เดือนมีหัวใจ ๕ หัวใจ สำหรับ
สับฉีกโลหิต และมีเส้นโลหิตใหญ่
๒ เส้นซึ่งอยู่ใต้สันหลัง เส้นหนึ่ง และ ท
ท้องเส้นหนึ่ง.

แม้ว่าไส้เดือนมีหัวใจ ๕ หัวใจ สำหรับ
สับฉีกโลหิต และมีเส้นโลหิตใหญ่
๒ เส้นซึ่งอยู่ใต้สันหลัง เส้นหนึ่ง และ ท
ท้องเส้นหนึ่ง.

กันแล้วต่างก็แยกออกจากกันไป ต่อไปจะเห็นทบบริเวณเครื่องเพศของตัวหนึ่งๆ ขวมนน
ขึ้นมาประทุนปลอกหุ้ม (clitellum) นี้นคือข้อสำหรับทำถุงห่อไข่ (capsule) ครั้น
ปลอกขมใกล้สร้างถุงห่อไข่แล้ว ไส้เดือนกับตัวลอยหลังเพื่อให้ถุงเลื่อนมารับไข่ที่
ช่องรังไข่ แล้วกลืนเลื้อยมาจับอสุจิของอีกตัวหนึ่งทีใดเคยไวเพื่อไข่เป็นเชื้อผสมกับ
ไข่ จะเห็นถุงห่อไข่นมสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลตั้งอยู่ตามก้นใต้กองขยะมูลฝอยหรือ
กองปุ๋ยคอก ถุงห่อไข่เช่นนี้ แม้ว่าจะมีไข่ที่โคสุจิเข้าผสมแล้วหลายฟองก็ตาม โดย
มากให้กำเนิดแก่ลูกไส้เดือนแต่ตัวเดียวเท่านั้น เพราะตัวไส้เดือนอ่อนตัวแรกก็ออก
จากไข่ฟองหนึ่งมักจะมีไข่อื่น ๆ เป็นอาหารเลี้ยงหมัก.

สังเกตความ

ไส้เดือนมีลำตัวประกอบด้วยวงเนื้อ ๑๐๐ กว่าวง ไข่ตัวหนึ่งหายไป มีเส้น
ประสาทรูตามตัวหนึ่งทั่วไป แต่รู้สึกเฉพาะตอนหัว เคลื่อนที่ไปโดยอาศัยการ
ยืดหดของกล้ามเนื้อและแขนง ๆ ทั่วพนัก มีหัวใจ ๕ หัวใจสำหรับสูบฉีดโลหิตไป
ตามเส้นโลหิตใหญ่ซึ่งอยู่ใต้สันหลัง เส้นหนึ่งและที่ท้องเส้นหนึ่ง เครื่องกำบัง
ไส้โคโรกเป็นหลอดเล็กๆ ทะลุตามข้างๆ ท้อง ในตัวหนึ่งแม้ว่าจะมีทั้งเครื่องทำอสุจิและ
รังไข่ แต่ก็ยังคงแลกเปลี่ยนอสุจินเพื่อเอาไข่ไปใช้เป็นเชื้อสำหรับผสมกับไข่ เมื่อ
ไส้เดือน๒ตัวโคแลกเปลี่ยนอสุจินแล้ว ท่อที่ทำถุงห่อไข่ก็ขมขึ้นมาและสร้างถุงห่อไข่
ซึ่งเลื่อนไปทางข้างหัวเพื่อไปรับไข่และอสุจิของอีกตัวหนึ่งทีใดเคยเอาไว้ ถุงห่อไข่
ถุงหนึ่ง มีไข่หลายฟอง แต่ก็ให้กำเนิดแก่ไส้เดือนอ่อน ตัวเดียวเท่านั้น ไส้เดือนตัว
ประโยชน์ใช้สอยโดยทำดินละเอียดและโปร่ง.

คำถาม

๑. จงพรรณนาถึงรูปร่างลักษณะของไส้เดือนในดินมาพอสมควร.
๒. จงอธิบายวิธีสืบพันธุ์ของไส้เดือนในดิน.
๓. ไส้เดือนในดินทำคุณประโยชน์อะไรให้แก่การเกษตรกรรมบ้าง?

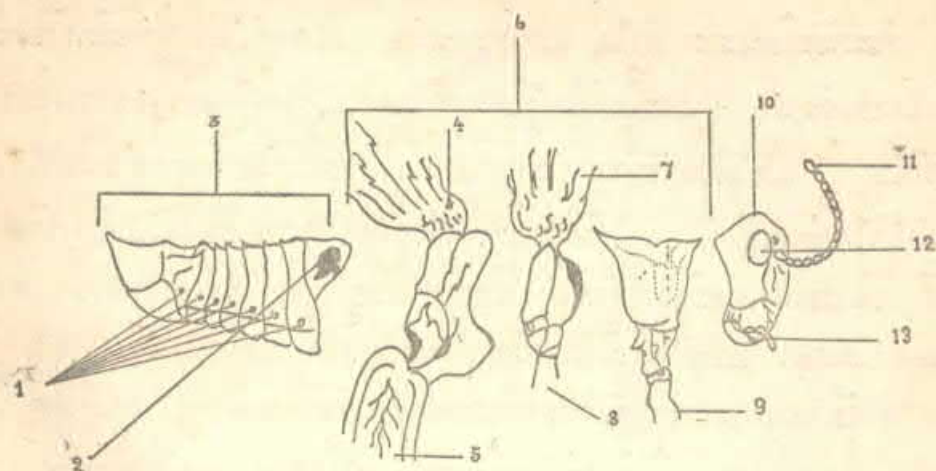
๔๒

แมลง (Insects)

แมลงมีอยู่หลายพวกด้วยกัน เช่น พวกแมลงวัน พวกผีเสื้อ พวกแมลง
ขบเคี้ยว (Beetles) พวกมดและอื่น ๆ ในพวกหนึ่งๆ ยังมีหลายชนิด เช่น แมลง
วันก็มี ชนิดที่ตัวเป็นสีเขียว และชนิดที่ตัวเป็นสีเทา มีทั้งที่มีปีก มีปีก
มีปีกน้อยเหลือเกิน เป็นต้น ทักดูว่าเพียงเท่านั้นก็พอจะคิดเห็นได้แล้วว่าจำนวนแมลงที่
มีอยู่ในโลกนั้นมีมากน้อยเพียงไร มีผู้ได้คำนวณแล้วว่าในสี่ส่วนของสิ่งที่มีชีวิตอยู่ใน
โลกจะเป็นแมลงเสีย ๓ ส่วน แมลงบางชนิดก็ทำประโยชน์ให้มนุษย์ เช่น ตัวไหม
และผึ้ง เป็นต้น บางชนิดก็ให้โทษแก่มนุษย์ เช่น ยุง บางชนิดก็ทำอันตรายแก่
พืชที่มนุษย์ปลูกไว้ เช่น เพลี้ย เป็นต้น.

เราจะทราบได้ว่าสัตว์ตัวนั้นอยู่ในจำพวกแมลงหรือไม่ ก็ให้มันขา แมลงจัก
ต้องมีขา ๓ คู่ ขาข้างหนึ่งประกอบด้วยปล้องสั้นยาวบ้างคึกคักกันและมีกล้ามเนื้อ
ที่ปลายต้น แมลงมี ๖ ขา ไม่นับเข้าในจำพวกแมลงเพราะว่ามีขามากกว่า ๖ ขา

ลำตัวของแมลงประกอบด้วยปล้องสั้นๆ คึกคักกัน ครบที่ ๘๗ ปล้องเหล่านี้นั้น
ทำหน้าที่ของกันอยู่ระหวะที่แบบข้างภายใน ลำตัวแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนหัว
(Head) ส่วนอก (Thorax) และส่วนท้อง (Abdomen) ส่วนหัวมี ปาก ตา
และหนวด หนวดมีอยู่ ๒ เส้น และเป็นอวัยวะสำหรับสัมผัสและรู้สึกสิ่งต่างๆ ใหญ่มีอยู่
๒ ตาเป็นตาผสม (Compound eyes) คือ ประกอบด้วยตาเล็กๆ ปรุปรุหลายตา
แมลงบางชนิดก็มีตาธรรมดาอยู่บนหัวอีก เช่น ตาคนมีตาธรรมดา (Simple eyes)
อีก ๓ ตา ตาธรรมดาเห็นได้แต่ตัวที่อยู่ใกล้ๆ ตัวมันเท่านั้น และเห็นไม่ได้ก็
เหมือนตาผสม.



รูปที่ ๘๗ รูปตัดตามแสดงส่วนต่างๆ ของตัว

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| 1. ช่องหายใจ (Spiracles) | 8. ขาที่สอง |
| 2. เครื่องรับเสียง | 9. ขาแรก |
| 3. ส่วนท้อง (Abdomen) | 10. ส่วนหัว (Head) |
| 4. ขาคู่ของปีกหลัง | 11. ทนวด |
| 5. ขาคู่สาม | 12. ตาผสม |
| 6. ส่วนอก (Thorax) | 13. ปาก |
| 7. ขาคู่ของปีกหน้า | |

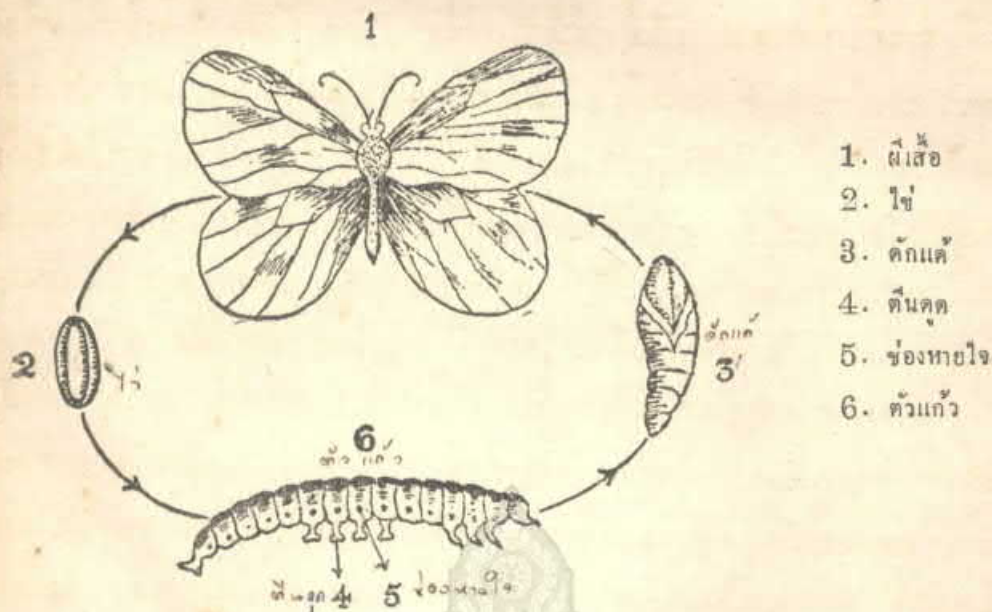
ปากของ แมลง มีอยู่หลาย ชนิด คือ ๑. ชนิดที่ใช้กัดกินอาหารก็มีฟัน (mandibles) เหมือนของคักแทน และแมลงสาบ ๒. ชนิดที่ใช้สับอาหารก็เป็นวง ยาวๆ กลางกลวงเช่นของผีเสื้อ ๓. ชนิดที่ใช้แทงและดูดอาหารก็เป็นวงยื่นออกมา และในวงมีเข็มสำหรับแทง เช่นปากของยุง เป็นต้น ๔. ชนิดที่ใช้กัดและดูดอาหาร ปากก็มีฟันและวง เช่นปากของผึ้งและแตน.

ส่วนอก ประกอบด้วย ปล้อง ๓ ปล้อง (Segments) ปล้องหนึ่งๆ มีขา ๒ ขา ปล้องกลางมีขาคู่หนึ่ง ปล้องหลังก็มีขาคู่หนึ่งเหมือนกัน ขาคู่ของปล้องกลางมักหนา หรือแข็ง เพื่อยึดกันขาคู่ของปล้องหลัง เช่นคางมดพระราว แมลงบางชนิดก็มีขาคู่แรกๆ เกียวเช่นแมลงวัน และบางชนิดก็ไม่มีขาคู่เล็กเลยเช่นตัวสามง่าม

ส่วนท้องมีกระเพาะ ลำไส้ และทวารหนัก แมลงตัวเมียบางชนิดก็มีเครื่องสำหรับก่อกองเช่นแตน บางชนิดก็มีอวัยวะสำหรับวางไข่ (Ovipositor) อาหารที่แมลงกินเข้าไป เมื่อไค้ป็นกับน้ำลายในปากแล้วก็เลื่อนลงไปในกระเพาะอาหารลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ตามลำดับ ลำไส้เล็กกระทำหน้าที่คักอาหารที่ย่อยแล้วไปบำรุงร่างกาย ตอนท้องกระเพาะอาหารคักกยลำไส้เล็ก มีหลอดขาวๆ แขนงคล้ายเส้นด้าย (Malpighian tubules) หลอดเหล่านี้เป็นเครื่องกำจัดสิ่งโสโครกออกจากโลหิต.

ถ้าสังเกตคักตามข้างๆ ตัวแมลงทั้งสองข้างจะเห็นมีรูคเล็กๆ รูคเล็กๆ นั้นคือปากช่อง (Spiracles) ซึ่งคักคักกับหลอดลม (Tracheae) ภายในร่างกาย หลอดลมนี้แบ่งแยกออกเป็นหลอดเล็กละเอียดแล้วกระจายไปทั่วร่างกาย ประคักทั้งเส้นโลหิตของมนุษย์ หลอดลมนี้ไม่แฟบเพราะมีโครงคักประกอบคักวเช่นเป็นเกลียว ฉะนั้นจึงให้อากาศของลมหายใจผ่านเข้าออกได้โดยสะดวก โลหิตของแมลงไม่ได้ไหลไปตามเส้นโลหิตเหมือนของมนุษย์ แต่วคอยู่ตามท้วงท้วงไปภายในร่างกาย เพราะฉะนั้นจึงทำการคักออกซิเจนจากหลอดลมและถ่ายคักบอนไดออกไซด์ได้โดยสะดวก. การแขม่วเข้าและขยายออกแห่งส่วนท้องของคักกับทนต์หรือตัวแกวคช่วยในการระบายลมหายใจเข้าและออกเหมือนกัน

แมลงมีการเจริญเติบโตอยู่ ๒ ชนิด ชนิดหนึ่งเรียกว่าการเจริญเติบโตอย่างครบชั้น (Complete metamorphosis) ชนิดที่สองเรียกว่า “การเจริญเติบโตอย่างไม่ครบชั้น” (Incomplete metamorphosis) แมลงที่มีการเจริญเติบโตอย่างครบชั้นได้แก่ผีเสื้อเป็นคคน ผีเสื้อตัวเมือโตผสมกยผีเสื้อตัวผู้แล้วก็บนเทยวทาฟชที่จะเป็นอาหารของลูกมัน ครันพบเข้ามันก็ใช้คักกยโยของพืชนั้น ประมาณ ๑ สัปดาห์ใช้ก็ฟักออกมาเป็นตัวแกว (Larva) ซึ่งกินอาหารๆ เมื่อตัวแกวโตเจริญเต็มทแล้วหรือประมาณราว ๒ สัปดาห์ มันก็ทำเกราะหุ้มตัวมันแล้วเปลี่ยนเป็นตัวทกแกว (Pupa) ซึ่งอยู่นิ่งๆ และไม่กินอาหารเลยแม้แต่น้อย ต่อไปอีก ๒ สัปดาห์ ก็จะเห็นตัวผีเสื้อหนุ่ม



รูปที่ ๘๘ แสดงการเจริญเติบโตอย่างครบชั้นของผีเสื้อ

ขึ้นออกจากเกราะของตัวดักแด้. (รูปที่ ๘๘)

แมลงที่โตเต็มที่แล้วโตไม่ครบชั้นนั้นได้แก่ดักแด้แทนเป็นตัวอย่าง ดักแด้ตัวเมียออกไข่ฝังอยู่ตามพื้นแผ่นดิน ต่อมาไข่ฟักออกเป็นตัวดักแด้อ่อนซึ่งมีรูปร่างลักษณะเหมือนตัวที่โตเจริญเต็มที่แล้ว เว้นแต่ตัวอ่อนกว่าและไม่มียกเท่านั้น ต่อมาเมื่อดักแด้อ่อนได้กินอาหารเข้าไปข้างแล้ว ร่างกายก็ค่อยๆ เจริญเติบโตขึ้นและมียกเจริญออกมา มันต้องลอกคราบถึง ๕ ครั้งจึงจะเจริญเต็มที่แล้ว

สังเขปความ

ร่างกายของแมลงประกอบขึ้นด้วยปล้องติดต่อกันและแบ่งออกเป็น ๓ ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนหัวมีหนวด ๒ เส้น ตาละ ๒ ตาและปาก ส่วนอกประกอบด้วยปล้อง ๓ ปล้องๆ หนึ่งมีขา ๒ ขา ปล้องที่สองและที่สามมีปีกปล้องละ ๒ ปีก ส่วนท้องมีกระเพาะอาหาร ลำไส้ ทวารหนัก และหลอดขาวๆ สะดวกสำหรับกำจัดสิ่งโสโครกออกจาก โลหิต แมลงตัวเมีย บางชนิด มีอวัยวะ

สำหรับวางไข่และเครื่องสำหรับทำยถั่ว แมลงหายใจโดยอาศัยหลอดลม โลหิตนั้น
 แทรกอยู่ทั่วไปภายในร่างกาย มีการเจริญเติบโต ๒ ระยะ ๑. ระยะครวขึ้น คือ
 ไข่ → ตัวแก่หรือตัวหนอน → ตัวตักแก่ → ตัว
 แมลงที่มีปีก ๒. ระยะที่ไม่ครวขึ้น คือ ไข่ → ตัวแมลงขนาดเล็ก
 และไม่มีปีก → ตัวแมลงที่มีปีก.

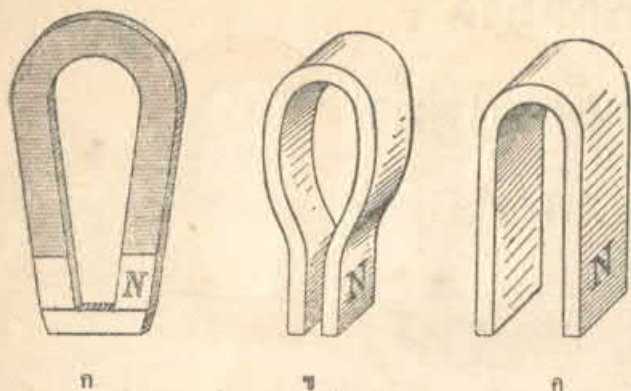
คำถาม

๑. สัตว์ที่จัดเข้าในจำพวกแมลงมีลักษณะอย่างไรบ้าง.
๒. แมลงหายใจได้อย่างไร.
๓. การเจริญเติบโตของแมลงมีกี่ระยะ จงอธิบายโดยย่อตัวอย่าง



๑๘๕๒
แม่เหล็กเกือกม้า

ทรงส่วนโทโคนนมีกะทาส์แดงเพื่อยองกันไม่ให้เกิดกลิ่นไม่ไ้ง่าย. ทรงปลาย
ทั้งสองนั้นไม่ไ้ทาส์. ทรงนเรียกว่าขัวของแม่เหล็กซึ่งมีแรงดึงดูดมากน้อย. ปลาย
ข้างหนึ่งมีอักษร N แสดงว่าเป็นขั้วเหนือหรือขั้วบวก และปลายอีกข้างหนึ่งเขียนข
ไ้หรือขั้วลบซึ่งข้างที่กมีอักษร S แสดงไว้ด้วย



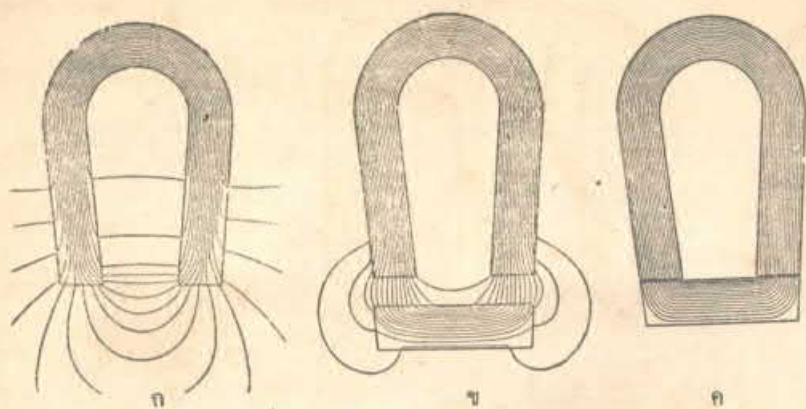
รูปที่ ๔๘ แม่เหล็กเหล็กมา ๓ แบบ

แม่เหล็ก ทำด้วย เหล็ก
กล้า (Steel) ซึ่งเป็นเหล็ก
ผสมกับถ่านคาร์บอน จาก
๐.๒ ถึง ๑.๕ เปอร์เซ็นต์.
แต่ แม่เหล็ก ที่ทำจาก เหล็ก
กล้า นี้นั้น แม่เหล็ก ที่ทำ

จากเหล็กผสมกับคาร์บอนไม่ได้. และเคยมีคนพบใหม่ว่าเหล็กกล้าที่ทำจาก
เหล็ก ผสมกับ นิกเกิล และ โครเมียม ทำแม่เหล็ก ได้ดีที่สุด เพราะ มีแรงดึงดูดมากกว่า
อย่างอื่นทั้งหมด. ถ้าไฟเสียงเครื่องวิทยุทุกและแบบใหม่ ๆ มักมีแม่เหล็กที่ทำ
จากเหล็กผสมกับนิกเกิลและโครเมียม.

เวลาเราซื้อแม่เหล็กเหล็กมา เราจึงสังเกตว่ามีเหล็กที่อ่อนเล็ก ๆ อยู่ตอนหนึ่ง
วางแนบติดอยู่กับขั้วทั้ง ๒ ของแม่เหล็กนั้น ที่เขาใช้เหล็กที่อ่อนเล็กนั้นแนบติดกับขั้ว
แม่เหล็กก็เพื่อจะไม่ให้แรงดึงดูดของแม่เหล็กลดน้อยลงในเมื่อเก็บเอาไว้นาน ๆ. ถ้า
ไม่มีที่อ่อนเหล็กที่อ่อนแล้วแรงดึงดูดของแม่เหล็กจะอ่อนลงได้. การที่เป็นเช่นนี้เรา
อธิบายได้ อย่างนี้คือ ถ้าไม่มีเหล็กที่อ่อนเล็กนั้นแนบติดอยู่แล้ว แรงแม่เหล็กจะกระจาย
ออกไปจากขั้วทั้ง ๒ ของแม่เหล็กทั้งในรูปที่ ๔๐ ก. แต่ถ้าแม่เหล็กที่อ่อนนั้นแนบติด
อยู่ แรงแม่เหล็กจะเดินตามเหล็กที่อ่อนนั้นและวนเวียนอยู่แต่ในแม่เหล็กและเหล็กที่อ่อน
เล็กแทนที่จะกระจายออกไป. (รูปที่ ๔๐ ค.).

ในการใช้แม่เหล็ก เราควรระวัง อย่าให้ได้รับความ กระแทก กระเทือน มากนัก
เช่น ทำตกลงบนพื้นแข็งนั้น แรงแม่เหล็กจะอ่อนลง. นอกจากนั้นแล้วถ้าเราเผาแม่เหล็ก
ให้ร้อนจัดจนแดงแล้วปล่อยให้เย็น หรือใช้คอนทอยแม่เหล็กหลาย ๆ ครั้ง แม่เหล็ก
จะเสื่อมอำนาจเป็นแม่เหล็กลงไปมากทีเดียว.



รูปที่ ๘๐ แสดงแรงแม่เหล็กเกิดจาก

แม่เหล็กทุกเหล็กโคกทุกสกล วัตถุไปก็ขึ้นเกิดและโคขอลด ซึ่งอาจจะใช้ทำให้เป็นแม่เหล็กก็ได้ แม่เหล็กทุกโคกนิยมและแมงกานีสได้เหมือนกันแต่ไม่มาก มีโลหะผสม (Alloy) อีกหลายอย่างก็แม่เหล็กทุกได้. เช่น เหล็กผสมกับนิกเกิล, เหล็กผสมกับโครเมียม, เหล็กผสมกับทังสเตน. ส่วนเหล็กผสมกับแมงกานีสแม่เหล็กไม่ทุก. แม้ว่าแมงกานีสผสมกับอะลูมิเนียมและทองแดง, หรือแมงกานีสผสมกับสังกะสี แม่เหล็กทุกได้. นอกจากสิ่งเหล่านี้แล้วแม่เหล็กที่แรงๆ เช่น แม่เหล็กไฟฟ้ายังเกิดจากของเหล็ก, กระจก, กระจกด้วยขาม. และก๊าซออกซิเจนในโคกน้อย. แม่เหล็กทุกออกซิเจนที่เย็นน้ำ (Liquid Oxygen). ได้.

การทดลองที่ ๑ เอาขั้วทั้ง ๒ ของแม่เหล็กเกิดมาไปแตะสิ่งของต่อไปนี้:—
เศษแก้ว, เศษไม้หรือไม้ขีด, ขั้วไขเหล็ก, กระจก, นิกเกิล, ทองแดง, ทองเหลือง, เข็ม, เศษกระจก, สังกะสี, เงิน (เหรียญสลึง), ตะกั่ว แล้ววัดไว้เช่น ๒ จำพวก คือ

- ๑) สิ่งแม่เหล็กทุก (Magnetic Substances).
- ๒) สิ่งแม่เหล็กไม่ทุก (Non-Magnetic Substances).

เหล็กอ่อนก็เหล็กกล้าก็ถ้าไม่เย็นแม่เหล็กจะไม่ทุกกันเลย แต่ถ้าเหล็กเหล่านี้ ๒ ท่อนๆ หนึ่งเป็นแม่เหล็ก ะถูกกันได้. แรงดึงดูดเกิดขึ้นไม่ใช่แต่เพียง

แม่เหล็กดูดก้อนเหล็กที่ไม่ใช่แม่เหล็กฝ่ายเดียวเท่านั้น. เหล็กก้อนที่ไม่ใช่แม่เหล็กก็ดูดแม่เหล็กด้วยแรงดูดที่เท่ากัน. เช่นเดียวกับมาดเทียบรถ. มาดรับรถด้วยความแรงเท่ากันแรงที่รถดึงมาไว้. การที่แม่เหล็กดูดก้อนเหล็กที่ไม่ใช่แม่เหล็กได้นั้นก็เพราะแม่เหล็กได้ส่งแรงแม่เหล็กเข้าไปในก้อนเหล็กและชักนำให้เหล็กก้อนนั้นกลายเป็นแม่เหล็กไปชั่วคราว.

แสดงการชักนำแม่เหล็ก

การทดลองที่ ๒ หาแม่เหล็กแท่งตรงหรือแม่เหล็กเกือกม้ามา ๑ แท่ง เอา



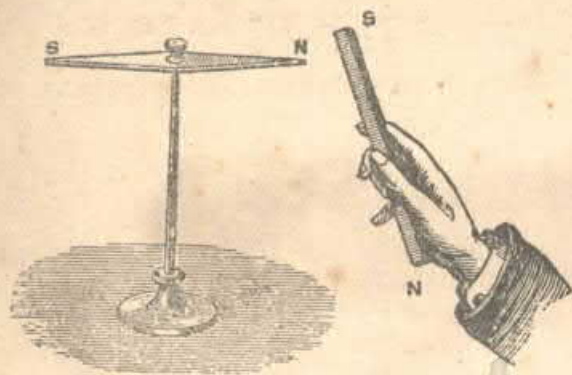
คอปเปอร์เล็ก ๆ ไปแตะเข้ากับขั้วทั้งสองของแม่เหล็ก. คอปเปอร์ห้อยก็คอปเปอร์ได้. เอาคอปเปอร์อีกตัวหนึ่งไปแตะปลายคอปเปอร์ตัวแรก คอปเปอร์ที่ ๒ ก็ระห้อยก็คอปเปอร์กับตัวที่ ๑ นั่นอีกต่อหนึ่ง. นี่แสดงว่าคอปเปอร์ที่ ๑ กลายเป็นแม่เหล็กไปแล้วในขณะนั้นโดยการชักนำแม่เหล็ก. เราเอาแม่เหล็กคอปเปอร์ที่ ๓, ที่ ๔, ที่ ๕. ห้อยก็ติดกันเป็นราวลงไปได้อีกมากกว่าแรงดูดของแม่เหล็ก จะเห็นว่าหนักของคอปเปอร์หลายตัว ไม่ใช่ คอปเปอร์จะตก (รูป ๘๑).

แรงดูดและแรงผลักแม่เหล็ก

รูปที่ ๘๐
แสดงการชักนำแม่เหล็ก

การทดลองที่ ๓ หาเข็มแม่เหล็ก (Magnetic needle) มาอันหนึ่ง เมื่อวางเอาไว้ในที่ซึ่งไม่มีแม่เหล็กหรือสิ่งทแม่เหล็กกดไว้ก็อยู่ในบริเวณนั้น เข็มแม่เหล็กจะชี้ไปทางทิศเหนือและทิศใต้. นำเอาขั้วเหนือของแม่เหล็กแท่งตรงเข้าใกล้ขั้วเหนือของเข็มแม่เหล็ก. เข็มแม่เหล็กจะแกว่งเบนหนีไปจากแม่เหล็ก. คราวนั้นเอาขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าใกล้ขั้วใต้ของเข็มแม่เหล็ก. จะเห็นว่าเข็มแม่เหล็กเบนมาหาแม่เหล็กแท่งแม่เหล็กทันที. กลับเอาขั้วใต้ของแม่เหล็กเข้าใกล้ขั้วเหนือของเข็มแม่เหล็ก. จะเบนเข้าหา. แต่ถ้านำเข้าใกล้

ขั้วโตะแล้วระเหินหน. การทดลองนี้แสดงว่า
ขั้วต่างกันดูดกัน. (รูปที่ ๔๒)



รูปที่ ๔๒ แสดงการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน

กันทั้ง ๒ ข้างแล้ว เหล็กที่อ่อนนํกไม่ใช้แม่เหล็ก.

แม่เหล็กโตะอย่างเกียวกเท่านั้น.

การทำเข็มเย็บผ้าให้เป็นแม่เหล็ก

การทดลองที่ ๔

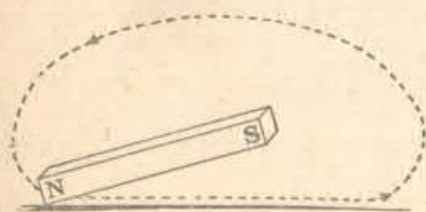
เอาเข็มเย็บผ้าขนาดเขื่องวางไว้บนโตะแล้วเอาขั้วโตะ

หนึ่งของแม่เหล็กแท่งตรึงติดจากโคนมาปลายเข็มหรือจากปลายมาโคนก็ได้ แต่

ถทางเกียวก คือถ้าเริ่มดจากโคนมาปลาย เมื่อถึงปลายเข็มแล้วต้องยกแม่เหล็ก

ขึ้นแล้วเอาขั้วโตะโคนเข็มและถลอกมาทางปลายอก. ทำเช่นนั้นหลาย ๆ ครั้ง.

เข็มเล่มนั้นจะกลายเป็นแม่เหล็กได้.



รูปที่ ๔๓ การทำเข็มให้เป็นแม่เหล็ก

ขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันผลักกัน

ถ้าจะต้องการทราบว่าเหล็ก

ก้อนหนึ่ง เป็น แม่เหล็ก หรือ ไม่

ต้องใช้ตรวจดู โดย นำปลาย ข้าง

หนึ่ง เข้า ใกล้ ขั้ว ทั้ง ๒ ของ เข็ม

แม่เหล็ก. ถ้าดูดกัน ข้างหนึ่ง

และ ผลักกัน อีก ข้างหนึ่งจึงจะ

เป็น แม่เหล็ก. ถ้าเป็นแค่เพียงก

เพราะแม่เหล็กดูดเหล็กที่ไม่ใช่

แม่เหล็กได้

การผลักจึงเป็นการตรวจแม่เหล็กที่แน่นอน.

อนึ่งปลายเข็มหรือโคนเข็มก็ตามท

แม่เหล็กแรกๆจะเป็นขั้วชนิดเกียวกกับขั้ว

ของแม่เหล็กที่ใช้ถนั้น. เช่นในรูปที่ ๔๓

นั้นโคนเข็มจะกลายเป็นขั้วเหนือและปลายเข็ม

เป็นขั้วใต้

เมื่อเข็มเล่มนั้นกลายเป็นแม่เหล็กแล้ว คอทั้งคดและผลึกขั้วทั้ง ๒ ของ เข็มทิศหรือเข็มแม่เหล็กใดๆ ได้. ถ้าเราเอาใยไหมหรือด้ายหลอดเส้นเล็กๆ ผูกตรงกลางแล้วแขวนไว้ในที่ซึ่งไม่มีแม่เหล็กหรือสิ่งที่เป็นเหล็ก, นิเกิล, โคบอลต์ อยู่ในบริเวณนั้น. เข็มนี้จะชี้ไปทางทิศเหนือและทิศใต้เสมอ เช่นเดียวกับเข็มทิศ ธรรมดา

การทดลองที่ ๕ เอาแม่เหล็กแท่งทรงเล็กๆ วางไว้บนไม้คอรุกทิมรองสำหรับ รัยแท่งแม่เหล็กนั้น. เอาไม้คอรุกและแม่เหล็กกลิ้งลอยในอ่างน้ำหรือขันหรืออ่างแก้ว



รูปที่ ๕๔ รูปแม่เหล็กลอยน้ำ

ใยใหญ่ๆ ก็ยังดี เมื่อไม้คอรุกกลิ้งลอยนิ่งอยู่ ตรงกลางอ่าง เราจะเห็นว่าขั้วเหนือของแม่เหล็กชี้ไปทางทิศเหนือ และขั้วใต้ชี้ไปทางทิศ ใต้ ดังรูปที่ ๕๔. ถ้าเรารัยไม้คอรุกหมุนไป เหยื่อให้แม่เหล็กชี้ไปทางทิศอื่นแล้วปล่อยมือ.

ไม้คอรุกก็จะลอยหมุนกลับมาหยุดในลักษณะ เดิมอีก คือแม่เหล็กชี้ไปทางทิศเหนือและทิศใต้. ด้วยคุณสมบัติอันนี้เองเราจึง ใช้แม่เหล็กทำเข็มทิศ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุดในการเดินเรือ.

สังเกตความ

๑. แม่เหล็กทำด้วยเหล็กกล้าทำจากเหล็กผสมกับคาร์บอน, หรือเหล็ก ผสมกับโคบอลต์, หรือเหล็กผสมกับนิเกิลและโครเมียม.
๒. แม่เหล็กคุด เหล็ก, นิเกิล, โคบอลต์, แมงกานีส, โครเมียมได้.
๓. เหล็กท่อนเล็ก (Keeper) ที่แต่ละขั้วขั้วทั้ง ๒ ของแม่เหล็ก เกือบมา ข้องกันไม่ให้แรงแม่เหล็กอ่อนลง.

๔. การที่แม่เหล็ก ถูกเหล็ก หรือโลหะบางอย่างได้ ก็เพราะแรงแม่เหล็ก ชักนำให้เหล็กหรือโลหะนั้น ๆ เป็นแม่เหล็กชั่วคราว.
๕. ขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันผลัดกัน ทิศทางกันคดกัน.
๖. การผลัดเป็นขั้วตรงแม่เหล็กที่แน่นอน.
๗. ทำเข็มเป็นแม่เหล็กได้โดยเอาแม่เหล็กถ.
๘. แม่เหล็กถาวรไวหรือลดย่นไวจะชี้ไปทางทิศเหนือและทิศใต้เสมอ.

คำถาม

๑. ถ้ามีผู้นำเอาเข็มเย็บผ้าที่มีขนาดเท่ากัน ๒ เล่มมาให้ท่าน เล่ม ๑ เป็นแม่เหล็ก อีกเล่ม ๑ นั้นไม่เป็น. ท่านมีวิธีอย่างไรที่จะแสดงว่าเข็มเล่มไหนเป็นแม่เหล็ก ?
๒. ท่านมีวิธีอย่างไรที่จะตรวจว่าเหล็กแท่งหนึ่งเป็นแม่เหล็กหรือไม่. และถ้าเป็นแม่เหล็ก ท่านจะทราบได้อย่างไรว่าปลายข้างไหนเป็นขั้วเหนือ ถ้าท่านมีเข็มทิศใช้ในการตรวจ ?
๓. ทำไมแม่เหล็กเกือกม้าจึงมีเหล็กชิ้นเล็กแต่ละชิ้นอยู่ ขว้าง ๒ ชิ้น ?
๔. ถ้าท่านมีแม่เหล็กแท่งตรงอยู่ ๒ แท่งซึ่งมีขนาดเท่ากัน ท่านจะแก้ไขได้อย่างไรจึงจะไม่ให้แรงแม่เหล็กอ่อนลงได้ ?
๕. มีโลหะอะไรบ้างที่แม่เหล็กดูดได้ และโลหะอะไรบ้างที่พอจะทำให้เป็นแม่เหล็กได้นอกจากเหล็ก ? แม่เหล็กที่ดูดก็มีความดึงดูดแรงมากนั้น ทำด้วยโลหะอะไร ?
๖. จงอธิบายถึงการทดลองเพื่อแสดงว่า ขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกันผลัดกัน และขั้วที่ต่างกันคดกัน.
๗. ท่านเข้าใจเรื่องการชักนำแม่เหล็กอย่างไรบ้าง ? จงเล่ามาพอสังเขป.



