การทดลองไฟฟ้า
ด้วยตนเอง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ

การทดลองไฟฟ้า
ด้วยตนเอง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

ด้วยกรมวิชาการได้พิจารณาเห็นว่า หนังสือ Electrical Experiments You Can Do ของ Robert F. Schultz เหมาะที่จะเป็นหนังสืออ่านประกอบวิชาวิทยาศาสตร์เบื้องต้น จึงขออนุมัติกระทรวงศึกษาธิการจัดพิมพ์ขึ้น

กรมวิชาการได้รับอนุเคราะห์จาก มูลนิธิโทมัส อัลวา เอดิสัน ในการอนุญาตให้แปลและพิมพ์หนังสือนี้ได้ จึงขอขอบคุณไว้ในที่นี้ด้วย

กรมวิชาการ

สารบาญ ตอนที่ ๑

เบื้องหลังชีวิตของเอดิสันและฟาราเดย์.....

ทั้งสองมีอะไรคล้าย ๆ กัน

ฟาราเดย์ – จากคนซ่อมหนังสือมาเป็นนักวิทยาศาสตร์

ความสำเร็จอันยิ่งใหญ่

การทดลองที่สำคัญเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์.....

ขดลวดสองขดกับวงแหวนเหล็ก

ขดลวดกลางแท่งแม่เหล็กตรงสองแห่ง

ขดลวดสองขดพันรอบแท่งไม้

แท่งแม่เหล็กในขดลวด

จานเหมุนในสนามแม่เหล็ก

สารบาญ ตอนที่ ๒

การทดลองเกี่ยวกับแม่เหล็กและไฟฟ้ากระแสอย่างง่าย

การทดลองหาเส้นแรงแม่เหล็ก .....

การทำแม่เหล็กและการตรวจแม่เหล็ก .....

ทำเข็มเย็บผ้าให้เป็นแม่เหล็ก

วิธีหาขั้วแม่เหล็ก

สมบัติของขั้วแม่เหล็ก

แม่เหล็กที่มีอำนาจแรงสามารถเอาชนะอำนาจของ

แม่เหล็กที่อ่อนกว่าได้

การทดลอง กระป๋องน้ำแข็ง ของฟาราเดย์ .....

วิธีทำอีเล็คโตรฟอรัส

วธีทำอีเล็คโตรสโคป

วิธีทดสอบอุปกรณ์ที่ทำ

ประจุไฟฟ้าในสารตัวนำไฟฟ้าที่เป็นรูปทรงกระบอกกลวง

การพิสูจน์ขั้นต่อไปเพื่อแสดงว่าประจุไฟฟ้าไม่ชอบอยู่ภายใน

น้ำและน้ำแข็งเป็นตัวนำไฟฟ้าหรือไม่ ? .....

วิธีทำเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

สร้างวงจรไฟฟ้า

น้ำประปาเป็นตัวนำไฟฟ้า

น้ำแข็งไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า

วิธีชุบลูกกุญแจด้วยไฟฟ้า .....

วิธีการในการชุบด้วยไฟฟ้า

ทดลองชุบด้วยไฟฟ้า.

ตอนที่ ๑

เบื้องหลังชีวิตของเอดิสันและฟาราเดย์

โทมัส เอลวา เอดิสัน

ค.ศ. ๑๘๔๗—๑๙๕๑

ไมเคิล ฟาราเดย์

ค.ศ. ๑๗๙๑—๑๘๖๗

การทดลองค้นคว้า
คือวิถีชีวิตของเขา

เมื่อถึงเวลาที่นักเรียนจะต้องเปิดไฟฟ้าใช้ในคืนนั้น ขณะที่จะกดสวิตซ์ขอให้ นักเรียนได้ หยุด และ ใช้เวลา หนึ่งนาที นึกถึงความสะดวกสบายที่ได้รับจากการใช้กระแสไฟฟ้าและหลอดไฟฟ้าแทนเทียนไขในสมัยก่อน แล้วระลึกถึงชายสองคนซึ่งได้ประดิษฐ์หลอดไฟและค้นพบการเหนี่ยวนำในแม่เหล็กไฟฟ้า อันเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดมีกระแสไฟไหลในเส้นลวด และทำให้หลอดไฟสว่าง ชายสองคนนั้นคือ โทมัส เอลวา เอดิสัน (Thomas Alva Edison) ชาวอเมริกัน และไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) ชาวอังกฤษ สิ่งประดิษฐ์ทั้งสองอย่างดังที่กล่าว มาแล้วซึ่ง อำนวย ความสะดวกให้แก่เราอย่างมากมายในปัจจุบันนี้ เป็นผลเนื่องมาจากการทดลองที่เขาคิดขึ้นและทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง

ทั้งสองมีอะไรคล้าย ๆ กัน

ถ้าศึกษาถึงชีวิตของชายทั้งสองนี้ ก็จะพบว่า ทั้งคู่มีชีวิตที่คล้ายคลึงกันเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างเช่น ทั้งสองคนมีเวลาเรียน

หนังสือในโรงเรียนน้อยมาก แต่มีความมานะพยายามที่จะปรับปรุงตนเองและรักที่จะทำการทดลองเหมือน ๆ กัน ความจริงหนังสือเล่มนี้มุ่งหมายที่จะกล่าวถึงงานและชีวิตของเอดิสัน แต่ก็จะต้องขอกล่าวถึงชีวิตของฟาราเดย์ควบคู่กันไว้ด้วย

ทั้งเอดิสันและฟาราเดย์ ได้รับการศึกษาส่วนใหญ่ภายนอกโรงเรียน เอดิสันนั้นมีเวลาเรียนอยู่ในโรงเรียนรวมแล้วไม่เกินสามเดือน เมื่อถูกครูกล่าวหาว่าเป็นเด็กที่ "โง่ทึ่ม" มารดาของเขาซึ่งเป็นครูเก่าก็ได้ให้เขาออกจากโรงเรียน แล้วสอนเขาเสียเอง ส่วนฟาราเดย์เรียนหนังสือในโรงเรียนอยู่เป็นเวลา ๘ ปี คือ ตั้งแต่อายุ ๕ ปี จนถึง ๑๓ ปี เขาได้เขียนกล่าวไว้ว่า "วิชาที่เรียนก็คือหัดอ่าน หัดเขียน และเลขง่าย ๆ เท่านั้น"

ทั้งสองมีความตั้งใจที่จะปรับปรุงตนเอง ในขณะที่เขายังเป็นเด็กเล็กอยู่นั้น เอดิสันได้เริ่มต้นการทำงานด้วยการทำหนังสือพิมพ์บนรถไฟสายแกรนด์ ทรังค์ (Grand Trunk Railway) ในเมืองปอร์ต ฮูรอน รัฐมิชิแกน เขาใช้เวลาว่างอ่านหนังสือเกือบจะทุกเล่มในห้องสมุดประชาชนแห่งหนึ่งในเมืองดีทรอยต์ ส่วนฟาราเดย์ก็มีชีวิตที่คล้ายคลึงกัน (เขาเป็นคนส่งหนังสือพิมพ์ในขณะที่เป็นเด็ก) โดยใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์โดยการผลัดกันออกความคิดเห็นและถกเถียงปัญหากันในระหว่างเพื่อน ๆ ประมาณ ๓๐–๔๐ คน ที่สมาคมปรัชญาของเมือง นอกจากนั้นเขายังเข้าร่วมในชุมนุมซึ่งจะพบปะกันเสมอ เพื่อที่จะวิจารณ์ แก้ และปรับปรุงการออกเสียงและภาษาให้ดีขึ้น อัน

เป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยทำให้เขากลายเป็นนัก พูด ที่มี คารม เฉียบแหลม และเป็นที่ชื่นชอบของคนทั่วไป

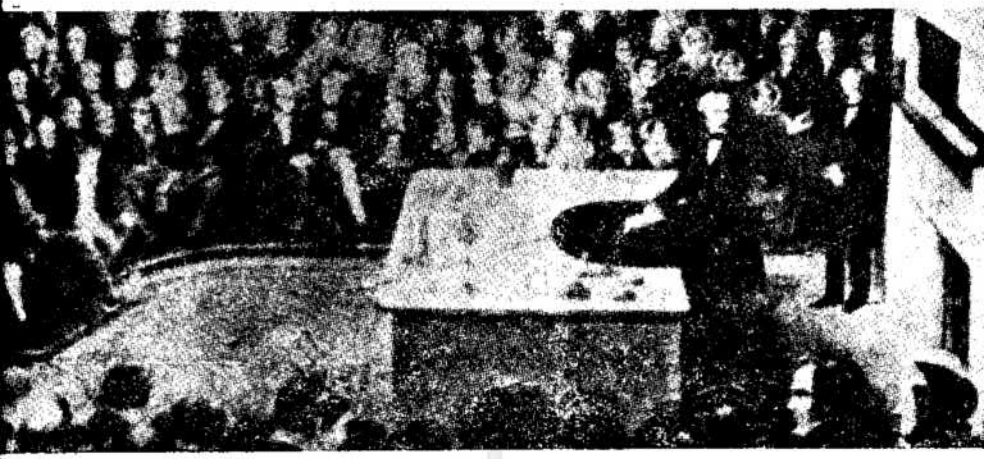
แต่สิ่งที่เหมือนกันอย่างที่สุดระหว่างบุคคลทั้งสองนั้นก็คือ ทั้งสองสนใจที่จะทำการทดลองเพื่อเรียนรู้ในเรื่องราวต่าง ๆ ด้วยตนเอง เอดิสันเริ่มทำการทดลองมาตั้งแต่อายุ ๙ ปี ตั้งแต่เมื่อมารดาของเขาให้หนังสือวิทยาศาสตร์ ชื่อ Natural and Experimental Philosophy แต่งโดย พาร์กเกอร์ หนังสือเล่มนี้อธิบายถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่ทำได้เองง่าย ๆ หลายการทดลอง ทอม ได้ทำการทดลองเหล่านั้นทุกเรื่องโดยตลอด นิโคลา เทสลา (Nikola Tesla) นักประดิษฐ์ชาวอเมริกัน ได้เขียนกล่าวถึงการทำงานอย่างละเอียดถี่ถ้วนของเอดิสันไว้ว่า วิธีการทำงานของเอดิสันนั้นละเอียดถึงกับว่า ถ้าจะมีใครสั่งให้เขาหาเข็มที่ตกอยู่ในกองฟาง เขาจะตรวจฟางกองนั้นทีละเส้น จนกระทั่งพบสิ่งที่เขาต้องการ

ฟาราเดย์ ก็เช่นกน เริ่มทำการทดลองตั้งแต่อายุยังเยาว์ มีผู้กล่าวถึงเขาว่า ฟาราเดย์ เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่เพื่องในการทดลองที่สุดในประวัติของวิชาฟิสิกส์ เอดิสันได้เคยกล่าวยกย่องฟาราเดย์ไว้ว่า "ข้าพเจ้าซื้อหนังสือที่กล่าวถึงงานของฟาราเดย์ในเมืองบอสตันและคิดว่า จะทดลองทำตามทุกสิ่งในหนังสือนั้น คำอธิบายของเขาอ่านเข้าใจง่าย และไม่มีคำนวนเลย เขาเป็นนักทดลองผู้ยิ่งใหญ่โดยแท้"

ฟาราเดย์ – จากคนซ่อมหนังสือมาเป็นนักวิทยาศาสตร์

เมื่อฟาราเดย์อายุได้ ๑๔ ปี เขาก็เริ่มเข้าผึกหัดเพื่อมีอาชีพในการซ่อมหนังสือ ฟาราเดย์อ่านหนังสือทุกขณะที่ว่าง เขาเคยกล่าวว่า "ในระหว่างที่ข้าพเจ้าผึกหัดงานอยู่นั้น ข้าพเจ้าชอบอ่านหนังสือวิทยาศาสตร์ทุกเล่ม เล่มที่ชอบมากที่สุดก็คือเรื่อง Conversation in Chemistry ของ มาร์เซท (Marcet) และบทความที่เกี่ยวกับไฟฟ้าในสารานุกรม Britannica ข้าพเจ้าได้ทำการทดลองทางเคมีง่าย ๆ โดยอาศัยเงินรายได้ที่ได้รับสัปดาห์ละไม่กี่เพนนี นอกจากนั้นยังชอบสร้างเครื่องยนต์ที่ใช้ไฟฟ้า และเครื่องสำเร็จทางไฟฟ้าอื่น ๆ อีกด้วย"

ด้วยความหลงใหลในหนังสือที่เขาโปรด ฟาราเดย์ได้ติดต่อขอเข้าฟังการบรรยายทางเคมี ซึ่งเซอร์ฮัมฟรี เดวี เป็นผู้บรรยาย คำบรรยายเหล่านี้คงจะมีผลอย่างสำคัญต่อฟาราเดย์ เพราะเมื่อการผึกหัดงานของเขาสิ้นสุดลง ขณะนั้นฟาราเดย์อายุได้ ๒๑ เขาก็ได้ติดต่อขอสมัครทำงานกับเดวี ในสมาคมเผยแพร่ความรู้วิทยาศาสตร์ของอังกฤษ เขาได้ส่งโน๊ตคำบรรยายที่มีภาพประกอบซึ่งเขาเขียนขึ้นจากการรับฟังคำบรรยายของเดวีไปให้ด้วย แม้ว่าเดวี จะพอใจในผลงานของฟาราเดย์อย่างมากก็ตาม แต่ก็ได้แนะนำฟาราเดย์ไม่ให้เขาเลิกล้มอาชีพการซ่อมหนังสือเสีย ยิ่งกว่านั้นยังได้กล่าวแก่ฟาราเดย์เป็นเชิงห้ามอีกด้วยว่า วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก แม้ว่าฟาราเดย์จะรับฟังในเบื้องแรก ต่อมาอีกไม่กี่สัปดาห์ เดวีก็ตกลงรับฟาราเดย์เข้าทำงานเป็นผู้ช่วยของเขา



ฟาราเดย์กำลังบรรยายให้เด็ก ๆ ฟัง ณ สมาคมเผยแพร่ความรู้วิทยาศาสตร์ ของอังกฤษในวันคริส

ในวันที่ ๑ มีนาคม ๑๘๑๓ ฟาราเดย์ก็เริ่มต้นอาชีพที่ได้ทำให้เขากลายเป็นนักเคมีและนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ของโลก

ความสำเร็จอันยิ่งใหญ่

ฟาราเดย์ทำงานเกี่ยวกับเคมีอยู่นานหลายปี และแม้ว่าเขาจะเป็นเพียงผู้ช่วยผู้หนึ่งในห้องปฏิบัติการ เขาก็ได้ทำงานสำคัญ ๆ หลายอย่าง เขาได้พบ เบ็นซีน (Benzene) บิวทีลีน (Butylene) เฮกซาคลอโรอีเธน (Hexachloro-ethane) เตตระคลอโรเอธีลีน (Tetrachloroethylene) และไอโซเมอร์ ๒ ชนิดของกรดแนพธาลีนซัลโฟนิค (Naphthalene sulfonic acid) เขาได้พบวิธีการทำก๊าซธรรมดาหลายชนิดให้เป็นของเหลว รวมทั้งก๊าซคลอรีน และค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างเคมีกับไฟฟ้าหลายเรื่อง ซึ่งตำราวิทยาศาสตร์ปัจจุบันยังคงกล่าวถึงและใช้กันอยู่ เช่น กฎอีเลคโตรลิซิสของฟาราเดย์ (ดูการทดลองในตอนสอง) นอกจาก

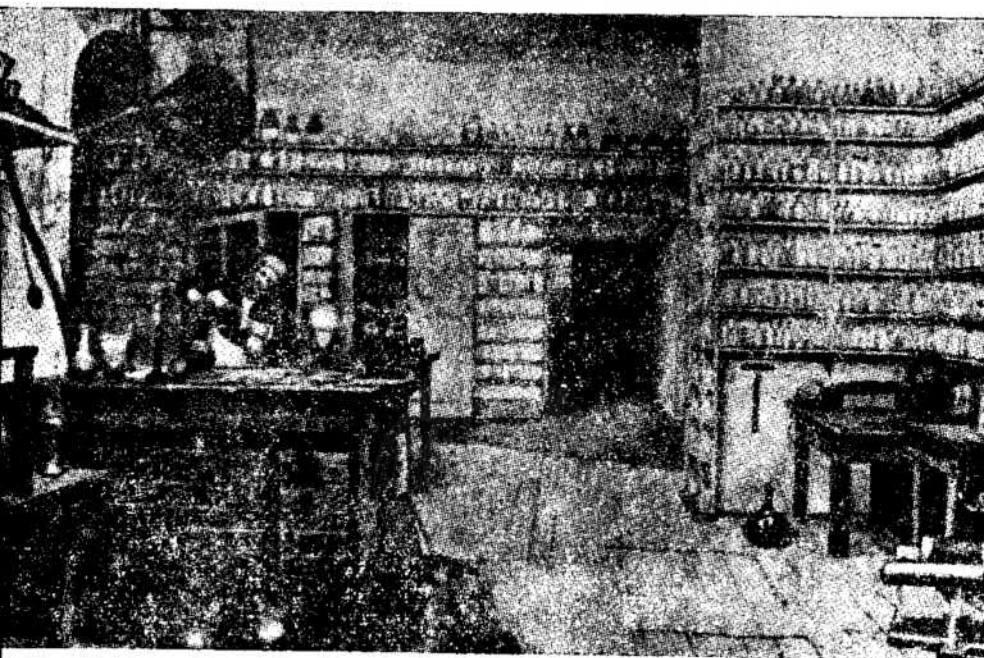
นั้นฟาราเดย์ยังเป็นผู้คิดตั้งคำ อะโนด (Anode) คะโทด (Cathode) อิออน (Ion) อิเลคโตรไลท์ (Electrolyte) และ อิเลคโตรลิซิส (Electrolysis) อีกด้วย

น่าแปลกที่ฟาราเดย์กลับได้รับชื่อเสียงโด่งดังในเรื่องไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการค้นพบ เนื่องจากการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างแม่เหล็ก กับขดลวดเขาพบว่า เมื่อทำแม่เหล็กให้เคลื่อนที่ในขดลวดจะทำให้เกิดมีกระแสไฟไหลในขดลวด หรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่า ฟาราเดย์เป็นผู้ที่ค้นพบว่ากระแสไฟฟ้าอาจเกิดขึ้นได้จากแม่เหล็ก หรือพลังงานกลอาจเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ จอห์น ทินแดล (John Tydall) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวไอริส นักเขียนและเพื่อนของฟาราเดย์ ได้เขียนไว้ว่า "การค้นพบความสัมพันธ์ของแม่เหล็กกับไฟฟ้า เป็นผลของการทดลองที่ยิ่งใหญ่ที่สุดในการค้นพบทั้งหลาย"

แต่ฟาราเดย์มิได้คิดว่าตัวเขาเป็นนักฟิสิกส์แต่อย่างใด เขาถือว่าเขาเป็นนักปรัชญา เขาได้กล่าวถึงตัวเขาไว้ว่า "นักปรัชญาคือผู้ซึ่งตั้งใจฟังคำแนะนำจากทุกคน แต่จะตัดสินใจว่าอย่างใดถูกอย่างใดผิดด้วยตัวของเขาเอง เขาจะต้องไม่หลงเชื่อสิ่งที่มองเห็นด้วยตา ไม่มีสมมติฐานที่เชื่อเป็นพิเศษ ไม่จำเป็นต้องเข้าโรงเรียน ไม่นับถือในคำสอนของผู้ใด เขาจะต้องไม่นับถือในบุคคล แต่นับถือวัตถุ ความจริงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งของเขา หากคุณสมบัติ

เหล่านี้ถูกบวกเข้ากับงานอุตสาหกรรม ก็เป็นที่หวังได้ว่าเขาจะดำรงอยู่ได้ภายในกรอบของธรรมชาติ"

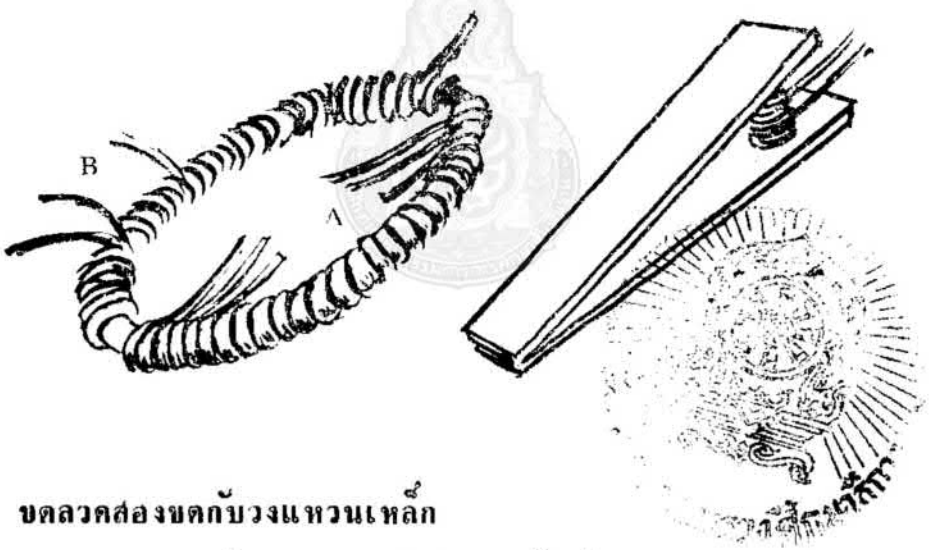
การทดลองที่สำคัญเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์



ฟาราเดย์ทำงานอย่างหนักและละเอียดถี่ถ้วนอยู่ถึง ๗ ปี ก่อนที่จะได้พบปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเหนี่ยวนำ (Induienot) ในปี ค.ศ. ๑๘๓๑ เขาเชื่อว่า หากกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กได้ ตามที่ แฮนส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans Christian Oersted) ได้พิสูจน์ไว้ในปี ค.ศ. ๑๘๑๙ จริง แม่เหล็กย่อมทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ จากการทดลองจำนวนนับครั้งไม่ถ้วนของ

ฟาราเดย์ เขาได้แสดงว่าอำนาจแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ แต่ก็เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีกำลังอ่อนมากเสียจนวัดไม่ได้

ขอให้เรายอ้นกลับไปนึกถึงวันที่ ๒๙ สิงหาคม ค.ศ. ๑๘๓๑ ในขณะเมื่อฟาราเดย์กำลังเริ่มต้นการทดลองที่เป็นชุดติดต่อกัน ซึ่งเขาเรียกว่า "การทดลองเกี่ยวกับการทำกระแสไฟฟ้าจากแม่เหล็ก" ต่อไปนี้จะกล่าวถึง การทดลอง ๕ การทดลอง ซึ่งได้เลือกมาลงไว้ เนื่องจากการทดลองเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงหลักการของการเหนี่ยวนำในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ กัน



ขดลวดสองขดกับวงแหวนเหล็ก

ฟาราเดย์ ใช้แท่งเหล็กอ่อน พื้นที่หน้าตัดกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๑ นิ้วฟุต มาโค้งเชื่อมติดกันเป็นรูปวงแหวนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๖ นิ้วฟุต เขาใช้ลวดทองแดงที่มีฉนวนหุ้มจำนวนสามเส้น ยาวเส้นละ ๒๔ ฟุตพันไปรอบ ๆ แท่งเหล็ก (ทางซีก A) เหลือปลายทั้งสองด้านของเส้นลวด

ทองแดงทั้งสามเส้นไว้ สำหรับใช้เป็นเส้นเดียว ๆ หรือจะลอกฉนวนออกแล้วรวมลวดทองแดงทั้งสามเส้นเข้าเป็นเส้นเดียวกันก็ได้

ทางด้าน B เขาใช้ลวดทองแดงที่มีฉนวนหุ้มจำนวน ๒ เส้น ยาวเส้นละ ๓๐ ฟุต พันไปรอบ ๆ แท่งเหล็กวงแหวน เหลือส่วนที่ไม่ได้พันลวดทองแดงไว้ ๒ ด้าน ยาวด้านละประมาณครึ่งนิ้ว

รวมลวดทางปลาย B เข้าเป็นขดลวดอันเดียวแล้วต่อปลายทั้งสองเข้ากับกัลวานอมิเตอร์ ที่วางห่างจากวงแหวนเป็นระยะทาง ๓ ฟุต (เพื่อไม่ให้รบกวนจากขดลวดได้) ต่อจากนั้นเขานำปลายขดลวดทางด้าน A ทั้ง ๒ ปลายไปต่อเข้ากับแบตเตอรี่ ในทันทีที่ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ เข็มของกัลวานอมิเตอร์จะกระดิกไปสุดด้านหนึ่ง แล้วตีกลับมาที่เดิมอย่างช้า ๆ เมื่อฟาราเดย์เอาแบตเตอรี่ออกจากปลายขดลวดทั้งสอง เข็มของกัลวานอมิเตอร์ก็จะกระดิกไปอีกครั้งหนึ่ง แต่ครั้งนี้จะเบนไปทางทิศตรงข้าม เมื่อพันลวดทั้ง ๓ เส้นทางด้าน A เข้าด้วยกัน เป็นขดลวดเส้นเดียว แล้วทดลองซ้ำอีกในทำนองเดียวกันก็จะได้ผลเช่นเดิม แต่เข็มกัลวานอมิเตอร์จะเบนไปมากกว่า ในการทดลองนี้ ฟาราเดย์ได้ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก โดยใช้กระแสไฟฟ้าที่ด้านหนึ่งของวงแหวน และทำกระแสไฟฟ้าทางอีกซีกหนึ่ง โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า เขาได้แก้ปัญหาที่นักฟิสิกส์จำนวนมากของโลกขบไม่แตก หรือพูดได้อีกอย่างหนึ่งว่า เขาได้คิดสร้างเครื่องแปลงไฟ (transformer) ตัวแรกของโลกขึ้น

ขดลวดกลางแท่งแม่เหล็กตรง ๒ แท่ง

ฟาราเดย์ พันลวดทองแดงรอบ ๆ แท่งเหล็กรูปทรงกระบอกแท่งเล็ก ๆ แท่งหนึ่ง แล้วต่อปลายทั้งสองเข้ากับกัลวานอมิเตอร์ที่วางห่าง ๓ ฟุต ต่อมาได้นำแท่งแม่เหล็กตรง ๒ แท่ง ยาวแท่งละ ๒๔ นิ้วฟุต มาจัดวางสลับขั้วและวางทับกันตามทางยาว แล้วแยกทางปลายของแท่งแม่เหล็กทั้งสองให้ห่างจากกัน แท่งแม่เหล็กทั้งสองจะมีลักษณะเหมือนกับแม่เหล็กเกือกม้า เขาเลื่อนแท่งเหล็กรูปทรงกระบอกที่มีลวดทองแดงพันไว้ เข้าไปทางปลายอ้าของแท่งเหล็กทั้งสอง ในทันใดนั้นเข็มกัลวานอมิเตอร์จะกระดิก แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าไหล ทุกครั้งที่เลื่อนแท่งเหล็กรูปทรงกระบอกเข้าไปทางปลายอ้าของแท่งแม่เหล็ก เข็มกัลวานอมิเตอร์จะเบนไป ในการทดลองครั้งนี้ก็เช่นเดียวกันกับการทดลองครั้งแรก กล่าวคือ ฟาราเดย์ได้ทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าขึ้นจากอำนาจแม่เหล็ก ในการทดลองนี้ กระแสไฟฟ้าจะเกิดมีขึ้นทุกครั้งที่เคลื่อนแท่งเหล็กรูปทรงกระบอกเข้าไปในสนามแม่เหล็ก

ขดลวดสองขดพันรอบแท่งไม้

เป็นการทดลองเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำอีกการทดลองหนึ่งของฟาราเดย์ เขาใช้ลวดทองแดงสองเส้น ยาวเส้นละ ๒๐๓ ฟุต พันไปรอบ ๆ แท่งไม้ การพันลวดใช้พันคู่เรียงกันไป ระหว่างลวดทองแดงทั้งสองเส้น ใช้เชือกคั่นกลางเพื่อให้เป็นฉนวน ต่อปลายลวดด้านหนึ่งกับกัลวานอมิเตอร์ อีกปลายหนึ่งต่อเข้ากับแบตเตอรี่ เมื่อทำให้เป็นวงจรปิด เข็มกัลวานอมิเตอร์จะกระดิก

ไปทางหนึ่ง เมื่อตัดวงจรให้ขาด เข็มกัลวานอมิเตอร์จะกระดิกไปอีกทางหนึ่ง ฟาราเดย์ให้ชื่อกระแสไฟที่เกิดจากการเหนี่ยวนำนี้ว่า กระแสโวลตาอิค

แท่งแม่เหล็กในขดลวด

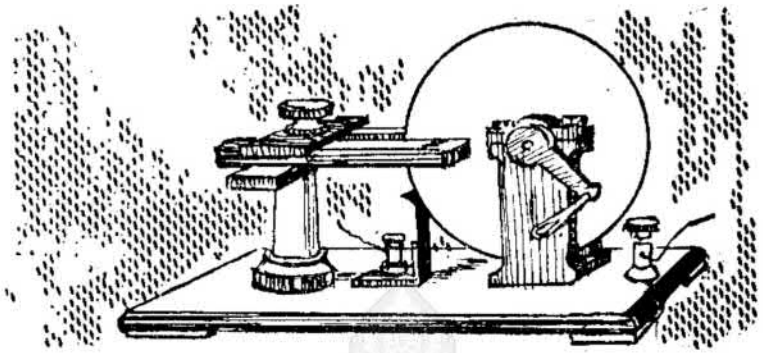
ฟาราเดย์ ต่อปลายทั้งสองของขดลวดซึ่งทำจากลวดทองแดงยาว ๒๒๐ ฟุต เข้ากับกัลวานอมิเตอร์ ต่อจากนั้นได้นำแท่งแม่เหล็กตรง ยาวประมาณ ๘ นิ้วฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง ๑ นิ้ว ให้เคลื่อนเข้าไปภายในขดลวด เขาสังเกตเห็นว่าเข็มของกัลวานอมิเตอร์กระดิก เมื่อดึงแท่งแม่เหล็กออก เขาสังเกตเห็นเข็มกัลวานอมิเตอร์กระดิกไปทางทิศตรงข้าม

จากการทดลองเหล่านี้ ทำให้ฟาราเดย์เข้าใจว่า ลำพังแม่เหล็กที่อยู่นิ่ง ๆ ไม่อาจทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ถ้าต้องการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า แท่งแม่เหล็กจะต้องเคลื่อนที่

จานหมุนในสนามแม่เหล็ก

ฟาราเดย์ ทำแผ่นทองแดงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๑ ฟุตขึ้น เจาะรูตรงกลางและสอดเพลา ซึ่งต่อกับข้อเหวี่ยงสำหรับหมุนจานทองแดงไว้ในรูที่เจาะ เขาตรึงจานติดไว้กับแท่นไม้ ให้หมุนได้ในแท่งแม่เหล็กเกือกม้าแท่งหนึ่ง (ดังรูป) แล้วใช้ลวดทองแดงโยงพันเข้ากับกัลวานอมิเตอร์ เมื่อฟาราเดย์หมุนจานกลมนี้ เขาก็สังเกตเห็นว่า เกิดมีกระแสไฟไหล ยิ่งหมุนจานเร็ว กระแสยิ่งมีมาก ในการทดลองนี้ ฟาราเดย์ได้ใช้

อำนาจแม่เหล็กทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลได้ติดต่อกันเรื่อยไป สิ่งที่เขาประดิษฐ์ขึ้นนี้ ก็คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องแรกของโลกนั่นเอง



ตอนที่ ๒

การทดลองเกี่ยวกับแม่เหล็กและไฟฟ้าอย่างง่าย ๆ

ห้าการทดลอง

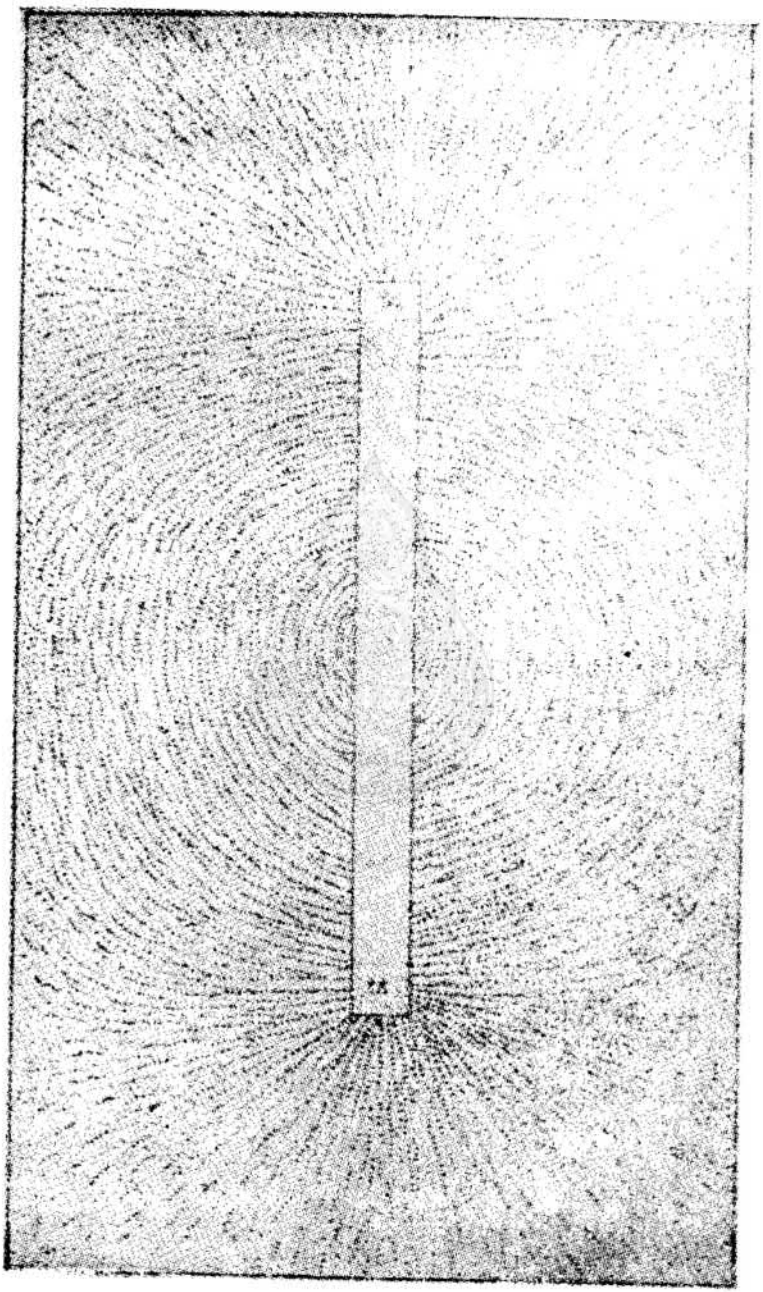
ตอนที่ ๒

การทดลองเกี่ยวกับแม่เหล็กและไฟฟ้า กระแสอย่างง่าย ๆ

ก่อนที่จะลงมือทำการทดลองใด ๆ ขอให้นักเรียนได้อ่านหนังสือนี้ให้ตลอดเสียก่อน วัสดุและอุปกรณ์ที่บ่งไว้ว่า จะต้องใช้ในการทดลองนั้น นักเรียนอาจจะมีอยู่แล้วก็ได้ นอกจากนั้นของบางสิ่งบางอย่างอาจใช้แทนกันได้ดี ของบางอย่างอาจใช้ได้ในหลายการทดลอง ดังนั้น จึงควรที่จะได้อ่านรายละเอียดของการทดลองทั้งหมดเสียก่อน จึงค่อยเลือกทำการทดลองที่สนใจ

ถ้าทำการทดลองแล้วไม่ได้ผล ก็อย่าได้ท้อใจ แม้นักวิทยาศาสตร์เองก็น้อยนักที่จะประสบความสำเร็จในความพยายามครั้งแรก ดังนั้น ถ้าได้ลงมือทำแล้ว ไม่ได้ผลดังที่คาดไว้ ขอให้อ่านคำแนะนำใหม่อีกครั้งหนึ่งอย่างละเอียด ตรวจดูเครื่องอุปกรณ์ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แล้วสำรวจดูว่าจะมีสิ่งที่อาจจะรบกวนผลของการทดลองอยู่ในห้องบ้างหรือไม่ (เช่น อาจมีโต๊ะเหล็กอยู่อยู่ใกล้ ซึ่งคอยดึงดูดเข็มทิศแม่เหล็กอยู่ก็ได้) พึงจำไว้ว่า ถ้าทำการทดลองแล้วไม่ได้ผล ขอให้หยุดคิดและไตร่ตรองดูให้ดีเสียก่อน

ขอให้นักเรียนทุกคนประสบความสำเร็จจากการที่จะได้ทำการทดลองในครั้งนี้



การทดลองหาเส้นแรงแม่เหล็ก

สิ่งที่ต้องการ

- o แม่เหล็กตรง
- o กระดาษแข็งหนึ่งแผ่น
- o ผงตะไบเหล็ก

ยังไม่มีผู้ใดนอกจากฟาราเดย์ ที่จะมีวิธีแสดงให้เห็นสนามแม่เหล็กได้ ฟาราเดย์ได้ทำการทดลองนี้เพื่อแสดงว่า **เส้นแรงหรือ แนวแรงของแม่เหล็ก** นั้นมิได้อยู่เฉพาะภายในแท่งแม่เหล็กเท่านั้น แต่มีอยู่รอบ ๆ แท่งแม่เหล็กอีกด้วย นักเรียนอาจทดลองเพื่อแสดงให้เห็นเส้นแรงแม่เหล็กภายนอกแท่งตามวิธีการของฟาราเดย์ ได้อย่างง่าย ๆ ฟาราเดย์เคยกล่าวถึงวิธีนี้ไว้ว่า

"วิธีแสดงให้เห็นเส้นแรงแม่เหล็กนั้นง่ายมาก เพียงแต่วางแท่งแม่เหล็กไว้บนโต๊ะ วางแผ่นกระดาษแผ่นหนึ่งทับไว้บนแท่งแม่เหล็ก แล้วโรยผงตะไบเหล็กลงบนกระดาษ ก็จะมองเห็นแนวของเส้นแรงแม่เหล็กได้ แต่มีสิ่งที่น่าจะได้แนะนำเพื่อให้การทดลองนี้ได้ผลเต็มที่ คือ โต๊ะที่ใช้วางแม่เหล็กนั้น ควรเป็นโต๊ะที่แข็งแรงไม่สั่นสะเทือนง่าย พื้นโต๊ะจะต้องอยู่ในแนวราบ หากระดาษแข็งหรือไม้วางไว้รอบแท่งแม่เหล็ก เพื่อรองกระดาษที่ใช้แสดงแนวแรงแม่เหล็กให้วางอยู่ได้ในแนวราบจริง ๆ กระดาษที่ใช้วางทับแท่งแม่เหล็ก ควรเป็นกระดาษที่เรียบ ไม่มีรอยพับ

หรือ ยับ โค้งงอ เพื่อจะเห็นตำแหน่งของผงตะไบเหล็กที่ถูกต้อง กระดาษวาดเขียนอย่างดี หรือกระดาษเขียนแบบอย่างบาง ใช้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ไม่ควรใช้กระดาษชนิดมัน เพราะอาจทำให้ผงตะไบเหล็กเลื่อนไปเลื่อนมาได้ โดยปกติผงตะไบเหล็กจะจัดเรียงตัวเองบนกระดาษ แต่ถ้าไม่เรียงตัวให้ใช้ไม้เล็ก ๆ เช่น ด้ามปากกา เคาะบนกระดาษเบา ๆ แต่อย่าเขย่ากระดาษ ทั้งนี้เพื่อให้ผงตะไบเรียงตัวตามแนวที่ถูก ในขณะเคาะจะต้องจับมุมกระดาษมุมหนึ่งไว้ให้แน่น ถ้าใช้ผงตะไบเหล็กชนิดละเอียด จะเห็นเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างชัดเจน"

การทำแม่เหล็ก และ การตรวจชั้วแม่เหล็ก

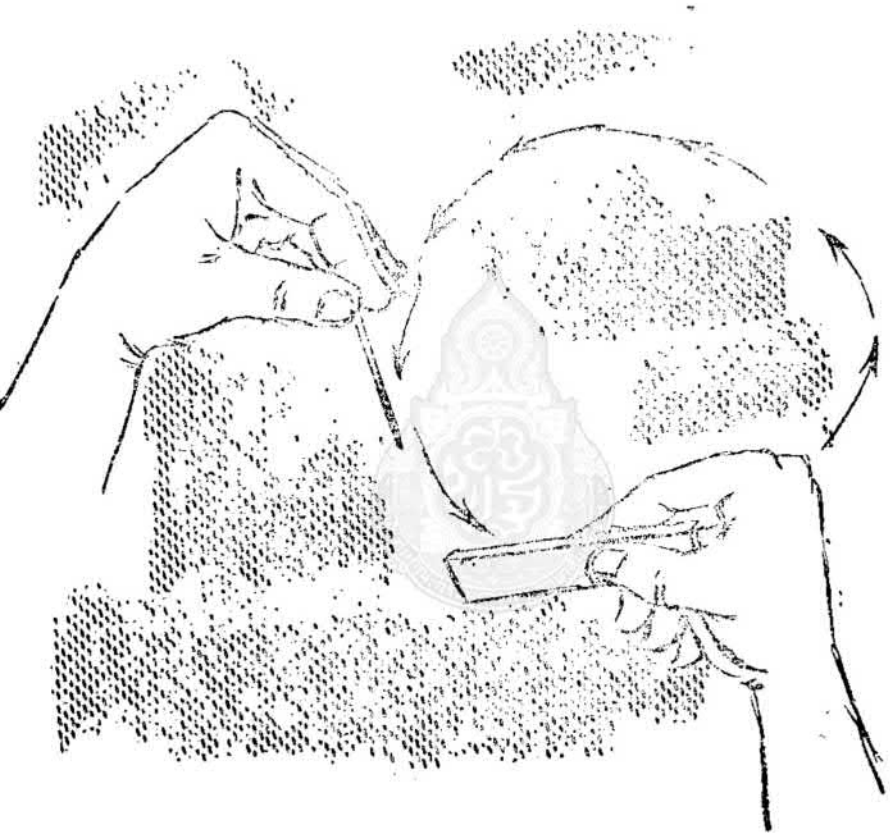
สิ่งที่ต้องการ

- o แท่งแม่เหล็กตรงหนึ่งแท่ง
- o เข็มเย็บผ้าขนาดใหญ่หลาย ๆ เล่ม
- o ผงตะไบเหล็ก

ทำเข็มเย็บผ้าให้เป็นแม่เหล็ก

ใช้มือซ้ายจับเข็มเย็บผ้า ถือไว้สูงในระดับสายตา แล้วใช้แท่งแม่เหล็ก จรดที่โคนเข็มลากลงมาตามความยาวของเข็ม เมื่อถึงปลายเข็ม ให้ยกแท่งแม่เหล็กออกให้พ้นเข็ม แล้วถูซ้ำเช่นนี้อีก (อย่าถูลากทวนซ้ำรอยไปมา) เมื่อถูได้ประมาณ ๑๐ ครั้ง ลองทดสอบดูว่าเข็มกลายเป็นแม่เหล็กไปแล้วหรือยัง โดยจุ่มเข็มลงในผงตะไบเหล็ก หรือโลหะเบา ๆ เช่น เข็มหมุด จะเห็น

ว่าเข็มสามารถดูดผงตะไบเหล็กหรือโลหะเบา ๆ ได้ ใช้เข็มเล่มนี้ทำเข็มแม่เหล็กเล่มที่สอง โดยวิธีเดียวกันแล้วใช้เข็มเล่มที่สองทำเข็มแม่เหล็กเล่มที่สาม ฯลฯ



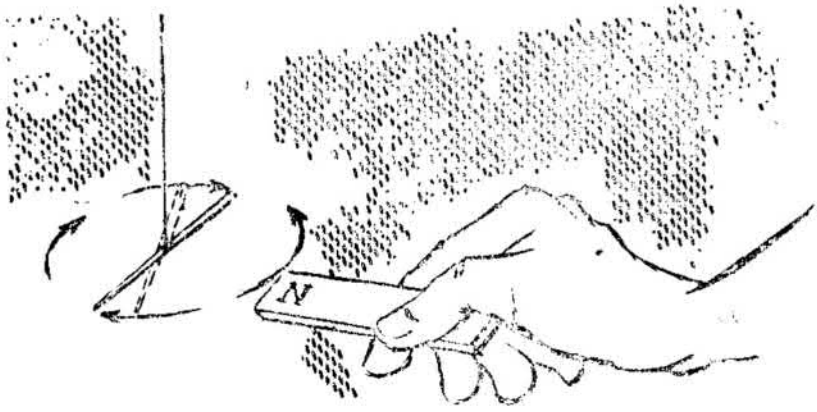
วิธีหาขั้วแม่เหล็ก

ใช้ด้ายเย็บผ้าเส้นเล็ก ๆ ผูกแท่งแม่เหล็กตรงกลางแท่งแขวนไว้ (ระวังอย่าให้มีวัตถุใหญ่ ๆ ที่เป็นโลหะอยู่ใกล้ ๆ) แท่งแม่เหล็กจะวางตัวตามแนวแม่เหล็กโลก โดยมีปลายหนึ่งชี้ไป

ทิศเหนือ เราเรียกปลายนั้นว่า ขั้วมุ่งทิศเหนือ หรือขั้วเหนือ เขียนอักษร "น" ไว้ที่ปลายนั้น แล้วลองนำเข็มเย็บผ้าแม่เหล็กที่ทำขึ้นมาหาขั้วด้วยวิธีเช่นเดียวกัน จดไว้ว่าขั้วมุ่งทิศเหนือของเข็มอยู่ทางปลายหรือโคน

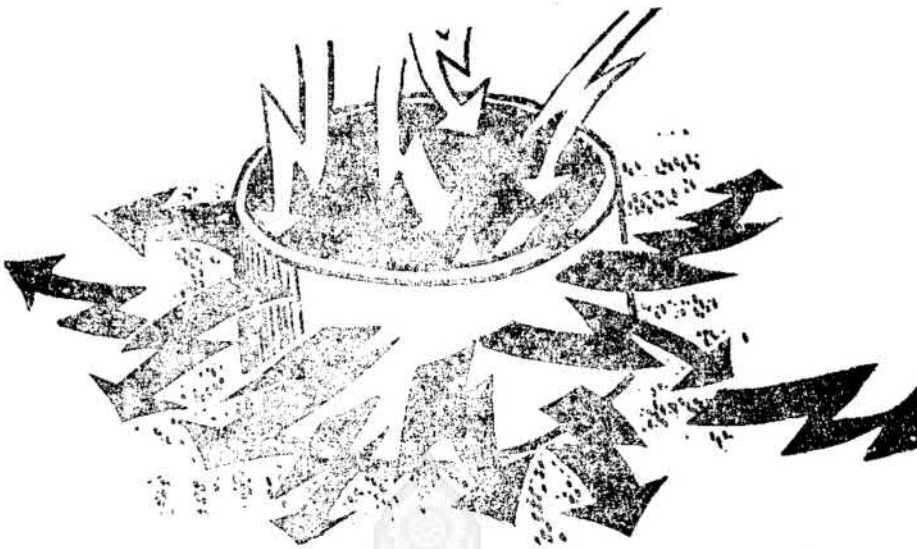
สมบัติของขั้วแม่เหล็ก

ลองเอาขั้วเหนือของ แท่ง แม่เหล็ก เข้าใกล้เข็มเย็บผ้า แม่เหล็กที่ผูกเชือกแขวนไว้ จะสังเกตเห็นขั้วเหนือของเข็มเย็บผ้าเบนหนีจากขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็ก ส่วนขั้วใต้ดูดติดกับขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็ก การทดลองนี้พิสูจน์ให้เห็นกฎของเส้นแรงแม่เหล็กที่ว่า ขั้วเหมือนกัน ผลักกัน ขั้วต่างกัน ดูดกัน และแสดงว่า การที่แท่งแม่เหล็กซึ่งผูกเชือกแขวนไว้ชี้ไปทางทิศเหนือนั้นเป็นเพราะ โลกเป็นแม่เหล็กแท่งมหึมา มีขั้วเหนืออยู่ใกล้ขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์โลก สมบัติของแม่เหล็กดังกล่าวนี้ทำให้เราสามารถใช้แม่เหล็กเป็นเข็มทิศชี้หาทิศทางได้



แม่เหล็กที่มีอำนาจแรงสามารถเอาชนะอำนาจของแม่เหล็กอ่อนกว่าได้

แขวนเข็มเย็บผ้าแม่เหล็กไว้ แล้วนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้ขั้วเหนือของเข็ม ในครั้งแรกขั้วเหนือของเข็มเย็บผ้าจะเบนหนี แต่เมื่อคอยเอาแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้เรื่อยไป ไม่ช้าขั้วเหนือทั้งสองจะดูดกัน ฟาราเดย์เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า พาราดอกซ์แม่เหล็ก (magnetic paradox) ซึ่งอาจอธิบายได้ดังนี้ เมื่อนำแท่งแม่เหล็กที่มีอำนาจ แม่เหล็กแรง เข้าใกล้เข็ม ที่มีอำนาจ แม่เหล็กอ่อน แท่งแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็กภายในเข็ม เนื่องจากแท่งแม่เหล็กมีอำนาจเหนือกว่า ก็จะสามารถเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็กในเข็มได้โดยตลอด ดังนั้น ขั้วเหนือของเข็มก็จะกลายเป็นขั้วใต้ และเนื่องจากขั้วต่างกันดูดกัน เข็มและแท่งแม่เหล็กก็จะสามารถเคลื่อนที่ไปได้พร้อม ๆ กัน



การทดลอง "กระป๋องน้ำแข็ง" ของฟาราเดย์

สิ่งที่ต้องการ

วัตถุสำหรับทำการทดลอง

- กระป๋องโลหะ (กระป๋องบรรจุอาหาร หรือ หม้อแกง ก็ได้)
- อีเล็คโตรฟอรัส
- อีเล็คโตรสโคป

} ทำไต้เองง่าย ๆ

วัตถุสำหรับทำ อีเล็คโตรฟอรัส

- โพลีเอธิลีน หนึ่งแผ่น (ตัดมาจากถุงพลาสติกบาง ๆ ก็ได้)
- ผ้าขนสัตว์
- ฝาขวดหรือฝากระป๋องที่ทำด้วยโลหะ
- วัตถุที่เป็นฉนวนหนึ่งแท่ง (ใช้เทียนไข แท่งแก้ว หรือ แท่งไม้ ฯลฯ ก็ได้)

วัตถุสำหรับทำ อีเล็คโตรสโคป

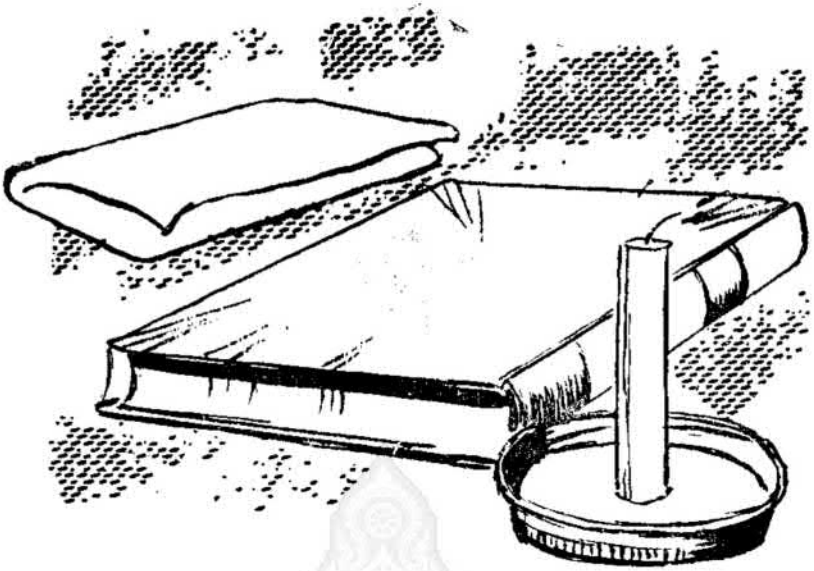
- ขวดแก้วปากกว้างหนึ่งใบ
- กระดาษแข็ง กว้างยาวพอปิดปากขวดมิด
- ลวดทองแดง ยาวประมาณ ๖ นิ้ว
- แผ่นโลหะบาง ๆ หนึ่งแผ่น (ใช้แผ่นทองคำเปลว หรือ แผ่นอลูมิเนียมบาง ๆ ยิ่งดี แต่จะใช้แผ่นโลหะบาง ๆที่ห่อหมากฝรั่งก็ได้)
- แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ขยำเป็นก้อนกลมเล็ก ๆ
- กาวและกระดาษกาว

การทดลองของฟาราเดย์ที่มีชื่อว่า "กระป๋องน้ำแข็ง" เป็นการทดลองซึ่งเป็นที่รู้จักกันแพร่หลายอันหนึ่ง การทดลองนี้พิสูจน์ว่า ประจุไฟฟ้าสถิตไม่อาจอยู่ภายในสารที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่กลวงได้ (ฟาราเดย์ใช้กระป๋องน้ำแข็ง) เนื่องจากประจุไฟฟ้าอาจถ่ายเทออกมาที่ผิวนอกของไฟฟ้าที่กระป๋อง

ถ้านักเรียนจะทำการทดลองนี้ ขั้นแรกจะต้องทำอีเล็คโตรฟอรัส และอีเล็คโตรสโคปเสียก่อน

วิธีทำอีเล็คโตรฟอรัส

ในปี ค.ศ. ๑๗๗๕ อเลสซานโดร โวลตา (Alessandro Volta) คิดประดิษฐ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต เรียกชื่อว่า อีเล็คโตรฟอรัส (electrophorus) ขึ้น เครื่องทดลองนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบสองสิ่ง คือ แผ่นสำหรับทำให้เกิดประจุไฟฟ้าหรือแผ่นกำเนิดประจุ และแผ่นกลมสำหรับถ่ายประจุ

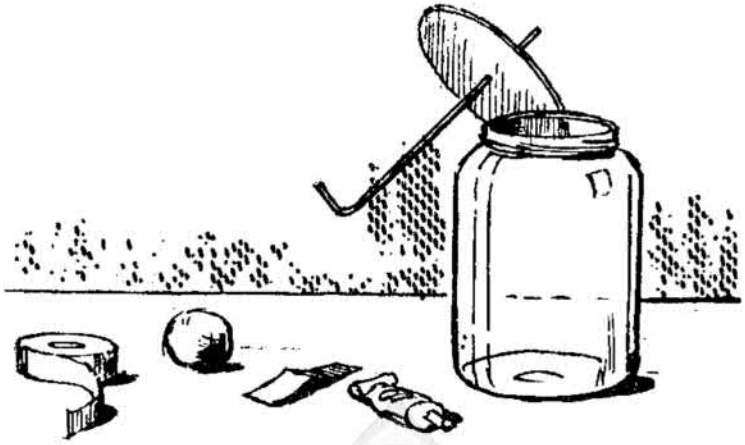


แผ่นกำเนิดประจุทำได้ง่าย ๆ โดยใช้ โพลีเอธิลีน ห่อรอบหนังสือปกแข็ง ให้ด้านที่หุ้มปกด้านบนตึงเรียบ พับปลายโพลีเอธิลีน ไว้ใต้หนังสือ

แผ่นสำหรับถ่ายประจุ ทำได้โดยนำฝาขวดหรือฝากระป๋องที่ทำด้วยโลหะมาทำความสะอาด ถ้าเป็นฝาที่มีกระดาษแข็งอาบไขที่แห้งรองอยู่ ไม่ต้องดึงกระดาษออก กระดาษไขจะช่วยป้องกันประจุไว้ไม่ให้รั่วได้ จุดเทียนไขพอเทียนร้อน หยอดเทียนลงที่ฝาขวด แล้วรีบกดเทียนไขกับหยดเทียน เพื่อให้เทียนไขติดแน่นอยู่กับฝา ถ้าใช้แท่งแก้ว หรือสิ่งที่เป็นฉนวนอย่างอื่นแทนเทียนไข จะต้องใช้กาวติดให้แน่นกับฝาขวด

สิ่งที่ทำขึ้นทั้งสองชั้นนี้ คือ อีเล็คโตรฟอรัส หนังสือที่หุ้มด้วย โพลีเอธิลีน คือเครื่องประจุไฟฟ้า หรือแผ่นประจุ สวนฝาขวด เป็นเครื่องถ่ายประจุ หรือแผ่นถ่ายประจุ

วิธีทำอีเล็คโตรสโคป



อีเล็คโตรสโคป คือ เครื่องมือสำหรับตรวจประจุไฟฟ้า ทำได้โดยตัดกระดาษแข็งให้เป็นแผ่นกลมขนาดโต พอปิดปากขวดแก้วได้ ใช้เข็มขนาดใหญ่เจาะรูตรงกลางกระดาษแข็งสำหรับสอดลวดทองแดง นำลวดทองแดงมางอปลายข้างหนึ่งให้เป็นมุมฉาก ให้ส่วนที่งอยาวประมาณครึ่งนิ้ว ตัดแผ่นทองคำเปลว ยาวประมาณ ๓ นิ้ว กว้าง ๑/๔ นิ้ว (ถ้าใช้แผ่นโลหะบางที่ห่อหมากฝรั่งต้องจุ่มในแอลกอฮอล์ หรือน้ำอุ่น ๆ เพื่อให้รอยพับหายไป ตากให้แห้งแล้วรีดให้เรียบ) พับแผ่นทองคำเปลวเป็นสองทบ ใช้มือรีดตรงรอยพับให้เรียบ แล้วกางแผ่นทองวางไว้

ทากาวที่ปลายลวดทองตรงส่วนที่งอ เมื่อกาวเกือบแห้ง นำแผ่นทองมาติดที่ตรงปลายงอโดยติดตรงรอยพับ ให้แผ่นทองทั้งสองแผ่นห้อยลงมาสองข้างกางออกเท่า ๆ กัน ไม่เอียงหรือเฉไปข้างใดข้างหนึ่ง แล้วสอดปลายลวดอีกปลายหนึ่งเข้าไปทางรูที่เจาะไว้กลางกระดาษแข็ง

ทากาวที่ปลายลวดทองแดง ด้านที่โผล่มาเหนือกระดาษแข็ง แล้วเอาลูกกลมอลูมิเนียมฟอยล์ที่ขยำไว้ สวมลงไปบนปลายลวดทองแดง ใช้กระดาษกาวผนึกฝากระดาษแข็งกับปากขวดระวังอย่าให้ลวดทองแดงเลื่อนลงไปในขวด จนแผ่นทองแดงแตะกับก้นขวด โดยการใช้กระดาษกาวพันรอบ ๆ ลวดเหนือฝากระดาษไว้สองสามทบ

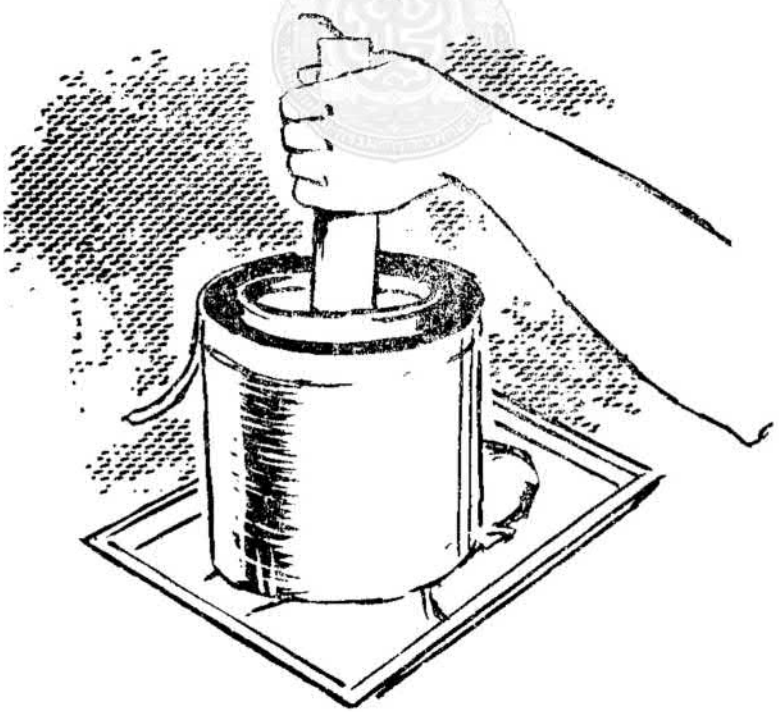
การทดสอบอุปกรณ์ที่ทำ

ประจุไฟฟ้าลงในอีเล็คโตรฟอรัส โดยการถูแรง ๆ ที่แผ่นประจุด้วยผ้าขนสัตว์ ต่อไปวางแผ่นถ่ายประจุลงไปแตะและวางซ้อนลงไป แล้วใช้นิ้วมือแตะที่แผ่นถ่ายประจุ ตอนนี้เป็นตอนที่สำคัญที่สุดเพราะการใช้นิ้วมือแตะนั้น จะช่วยรับอีเล็คตรอนมาจากแผ่นถ่ายประจุ ซึ่งจะทำให้แผ่นถ่ายประจุ มีประจุไฟฟ้าบวก ถ้านักเรียนยกแผ่นถ่ายประจุขึ้น โดยใช้มือจับเฉพาะที่ตรงเทียนไข แผ่นถ่ายประจุจะคงมีประจุไฟฟ้าบวกอยู่ในตัว ซึ่งอาจทดสอบได้โดยการเอานิ้วมือเข้าไปใกล้ ๆ จะได้ยินเสียงดังเพี๊ยะค่อย ๆ และ

อาจมีประกายไฟฟ้าน้อย ๆ (ทำในเมืองไทยไม่ค่อยได้ผลเพราะอากาศชื้น–ผู้แปล)หรืออาจตรวจโดยนำไป เข้าใกล้ ลูกกลม อลูมิเนียมฟอยล์ของอีเล็คโตรสโคป จะเห็นแผ่นทองกางออกจากกัน เมื่อเอาออกไปให้ห่างจากอีเล็คโตรสโคป แผ่นทองจะหุบ ถ้าแผ่นทองกางมากแสดงว่า มีประจุไฟฟ้ามากถ้านำแผ่นถ่ายประจุไปแตะลูกกลมของอีเล็คโตรสโคปเลยทีเดียว แผ่นทองจะกางออกจากกันอยู่อย่างนั้น แม้ว่าจะเอาแผ่นถ่ายประจุออกไปห่างแล้ว จนกว่าเรา จะใช้นิ้วแตะที่ ลูกกลม ของอีเล็คโตรสโคป เพื่อถ่ายประจุ แผ่นทองจึงจะหุบลงตามเดิม

เมื่อทำได้ถึงขั้นนี้ นักเรียนก็อาจทำการทดลองที่มีชื่อว่า กระป๋องน้ำแข็ง ของฟาราเดย์ได้

ไฟฟ้าในสารตัวนำไฟฟ้าที่เป็นรูปทรงกระบอกกลวง



ดังได้กล่าวในตอนต้นถึงคำอธิบายของฟาราเดย์ว่า การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อแสดงว่า ประจุไฟฟ้าซอบออกมาอยู่ที่ผิวด้านนอกของวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าซึ่งมีรูปทรงกระบอกกลวงมากกว่าที่อยู่ภายในซึ่งนักเรียนก็อาจพิสูจน์ได้เช่นเดียวกัน

วางกระป๋องน้ำแข็งไว้บนแผ่นแก้ว (แผ่นแก้ว เป็นฉนวนไฟฟ้า ดังนั้นจึงจะกันไม่ให้ประจุไฟฟ้าหนีจากกระป๋องลงไปที่พื้นโต๊ะได้) หรือจะใช้กรอบรูปภาพก็ได้ ใช้แผ่นทองคำเปลว (ขนาดประมาณ ๓×๑/๒ นิ้ว) ติดไว้ที่ผิวกระป๋องด้านนอก แถวใกล้ ๆ กับปากกระป๋อง โดยใช้กาวหรือกระดาษกาวติดตอนบนของแผ่น

ต่อไป ประจุไฟฟ้าลงในอีเล็คโตรฟอรัส (อย่าลืมใช้น้ำมือ แตะที่แผ่นถ่ายประจุก่อนยกขึ้น) แล้วนำแผ่นถ่ายประจุที่มีประจุไฟฟ้าอยู่แล้ว มาหย่อนลงในกระป๋องน้ำแข็ง โดยไม่ให้ส่วนหนึ่งส่วนใดสัมผัสกับข้างกระป๋อง ประจุไฟฟ้าในแผ่นถ่ายประจุจะเหนี่ยวนำให้เกิดมีประจุไฟฟ้าขึ้นที่ผิวด้านในของกระป๋อง และประจุนั้นจะถ่ายเท มาอยู่ที่ผิวด้านนอกบ้าง บางส่วน จะเห็น ได้จากแผ่นทองที่ติดอยู่ที่ข้างกระป๋องกางออก (กางออกเพียงเล็กน้อย ต้องคอยจ้องดูอย่างใกล้ชิด)

นำแผ่นถ่ายประจุที่ได้ประจุไฟฟ้าไว้ หย่อนลงในกระป๋อง ให้แตะกับข้างกระป๋อง กระป๋องจะรับประจุไฟฟ้าไว้ ทำหลาย ๆ ครั้งโดยแตะที่ข้างกระป๋องหลาย ๆ แห่ง จนถ่ายประจุออกหมด ทดสอบโดยการตรวจด้วย อีเล็คโตรสโคป ถ้านำแผ่นถ่ายประจุไปเข้าใกล้อีเล็คโตรสโคปแล้ว แผ่นทองไม่กางออก แสดงว่าถ่ายประจุหมดแล้ว

ต่อไป นำแผ่นถ่ายประจุที่ถ่ายประจุออกหมดแล้ว ไปแตะที่ข้างกระป๋องด้านนอก เพื่อให้รับประจุ (อย่าลืมใช้น้ำมือ

แตะ) แล้วจึงนำไปเข้าใกล้อีเล็คโตรสโคปอีก จะเห็นแผ่นทองกางออก แสดงว่ามีประจุไฟฟ้า

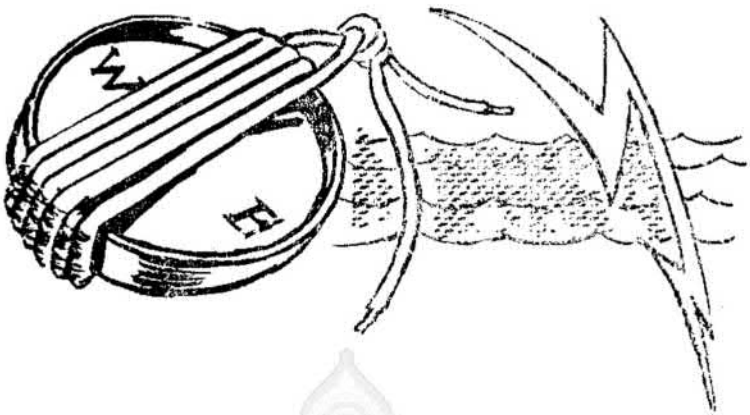
การพิสูจน์ขั้นต่อไปเพื่อแสดงว่าประจุไฟฟ้าไม่ชอบอยู่ภายใน

วางอีเล็คโตรสโคปไว้ภายในกระป๋อง ใช้แผ่นถ่ายประจุของอีเล็คโตรฟอรัสถ่ายประจุให้ที่ผิวนอกของกระป๋องจะเห็นแผ่นทองที่ผิวนอกกางออก แสดงว่ามีประจุไฟฟ้าที่ผิวนอก แต่แผ่นทองของอีเล็คโตรสโคปซึ่งอยู่ภายในกระป๋องจะหุบนึง ฟาราเดย์อธิบายผลของการทดลองนี้ว่า เนื่องจากประจุไฟฟ้าไม่อาจอยู่ภายในวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าซึ่งมีรูปกลวงได้

เขาได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้เพื่อให้แน่ใจ โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตที่มีกำลังสูง ประจุไฟฟ้าที่ผิวนอกของกระป๋อง จนกระทั่งเห็นประกายไฟสีเขียวเกิดขึ้น แม้กระนั้นก็ยังเห็นแผ่นทองของอีเล็คโตรสโคปหุบนึง แสดงว่า ผิวด้านในของกระป๋องไม่มีประจุไฟฟ้า

การทดลอง "กระป๋องน้ำแข็ง" ของฟาราเดย์ เป็นการทดลองที่ยืนยันได้ว่า ขณะเมื่อมีพายุฝนฟ้าคะนอง ถ้าเรานั่งในรถยนต์ที่ปิดกระจกหมด **จะไม่เกิดมีอันตรายจากฟ้าผ่าขึ้นได้**

น้ำและน้ำแข็งเป็นตัวนำไฟฟ้าหรือไม่



สิ่งที่ต้องการ

- ถ่านไฟฉายชนิดใช้กับโคมส่องขนาด ๖ โวลต์
- เข็มทิศขนาดเล็ก
- ลวดกระดิ่งไฟฟ้ามีฉนวนหุ้ม ยาว ๔ ฟุต
- แผ่นทองแดง ขนาด ๑ นิ้ว × ๓ นิ้ว ๒ แผ่น

สารแต่ละชนิดอาจเป็นตัวนำไฟฟ้ากระแสได้มากน้อยต่างกัน เราเรียกสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้โดยง่ายว่า ตัวนำไฟฟ้า เงิน ทองแดง และอลูมิเนียมเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ส่วนสารที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้โดยสะดวก เราเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า เช่น ยาง แก้ว กระเบื้อง สารส่วนมากมีสมบัติในการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน คือไม่เป็นทั้งตัวนำไฟฟ้าและฉนวน

เพราะเหตุใดสารต่างชนิดกันจึงมีสมบัติในการเป็นตัวนำไฟฟ้าได้มากน้อยต่างกัน ? คำอธิบายในเรื่องนี้ก็คือ สารที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีมีอีเล็คตรอนอิสระอยู่มาก อีเล็คตรอนเหล่านี้พร้อมที่จะไหลเมื่อได้รับแรงผลักหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า ส่วนวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่มีอีเล็คตรอนดังกล่าว จึงไม่มีกระแสไฟไหลผ่านได้ง่าย

ฟาราเดย์สนใจในการวัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในสารต่าง ๆ ชนิดรวมทั้งน้ำแข็งเขาได้เคยกล่าวถึงการทดลองที่เกี่ยวกับน้ำแข็งไว้ว่า "เมื่อข้าพเจ้าได้ทำการทดลองเกี่ยวกับน้ำแข็งดูก็ได้รับความประหลาดใจอย่างยิ่ง เนื่องจากได้พบว่า น้ำแข็งไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ผู้ที่ได้ทราบเช่นนี้อาจจะนึกประหลาดใจ แม้แต่เบนจามิน แฟรงคลิน เอง ก็เคยประหลาดใจเมื่อได้ทราบความเป็นจริงอันนี้ ฟาราเดย์ได้เคยอ้างหนังสือเรื่อง Experiments and Observation on Electricity ที่เขียนโดยแฟรงคลิน ตอนที่กล่าวว่า ก้อนน้ำแข็งแห้งซึ่งบุคคลสองคนถือไว้ด้วยมือคนละข้างภายในวงจร จะช่วยป้องกันมิให้เกิดการช็อคได้ ทั้งนี้แม้ว่าน้ำเหลวจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีก็ตาม

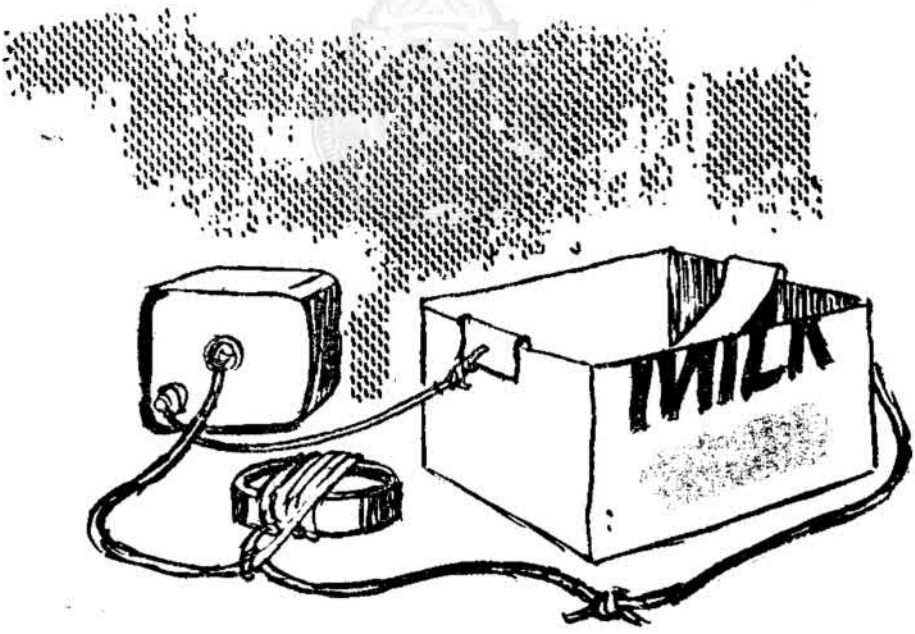
ถ้านักเรียนต้องการพิสูจน์ให้เห็นจริงด้วยตนเองว่า น้ำแข็งจะนำไฟฟ้าได้หรือไม่ก็ให้ทำการทดลองต่อไปนี้ดู

วิธีสร้างเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

ก่อนอื่นนักเรียนจะต้องสร้างเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า สิ่งที่ต้องใช้สำหรับการนี้คือเข็มทิศเล็ก ๆ หนึ่งอัน และลวดกระดึงไฟฟ้ามีฉนวนหุ้ม ยาวประมาณ ๔ ฟุต สองเส้น

วิธีทำ ให้ใช้เส้นลวดตอนกึ่งกลางเส้นพันรอบเข็มทิศตามแนวที่เขียนเหนือใต้ ประมาณ ๖ รอบ เมื่อพันเรียบร้อยแล้วขดลวดที่พันจะบังมิให้เห็นเข็มทิศขณะที่กำลังชี้แนวเหนือใต้ได้ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวด จะเกิดสนามแม่เหล็กดูดเข็มทิศให้หันไปทางแนวตะวันออก ตะวันตก ดังนั้น ถ้าเห็นเข็มทิศชี้ไปทางแนวตะวันออกตะวันตกเมื่อใด ก็แสดงว่ามีกระแสไฟไหลในเส้นลวด ลองทดสอบเครื่องวัดนี้ดูโดยต่อปลายลวดเข้ากับถ่านไฟฉายที่มีหลอดไฟติดอยู่

สร้างวงจรไฟฟ้า



เอาลวดทองแดงสองเส้นยาวเส้นละหนึ่งฟุตมาลอกฉนวนที่หุ้มปลายสายลวดทองแดงออก แล้วเชื่อมลวดทองแดงทั้งสองเส้นเข้าที่ปลายแผ่นทองแดง แผ่นละเส้น ถ้านักเรียนไม่มีที่เชื่อมโลหะก็อาจจะใช้วิธีง่าย ๆ ต่อไปนี้ก็ได้คือ เจาะรูเข้าในปลายแผ่นทองแดง ร้อยลวดทองแดงเข้าไปทางรูที่เจาะแล้ว บิดปลายลวดทองแดงรวมเข้าด้วยกัน

ต่อไปนำกล่องกระดาษแข็ง ขนาดหน้าตัด ๕"×๕" สูง ๘" (กล่องกระดาษใด ๆ ก็ได้) ตัดฝากล่องด้านบนออกให้เหลือขอบสูงจากก้นกล่องประมาณ ๓ นิ้ว งอแผ่นทองแดงให้พับเข้าหากันเพื่อให้วางคร่อมบนขอบกล่องได้ (ดูรูป)

ทำให้เป็นวงจรไฟฟ้าโดยต่อแผ่นทองแดงแผ่นหนึ่งเข้ากับเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า และต่ออีกปลายหนึ่งของเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าเข้ากับขั้วหนึ่งของถ่านไฟฉายขั้วหนึ่ง ต่ออีกขั้วหนึ่งของถ่านไฟฉายเข้ากับแผ่นทองแดงอีกแผ่นหนึ่ง

เราจะทำวงจรเปิดนี้ (มีช่องว่างอยู่ระหว่างแผ่นทองแดงทั้ง ๒) ให้เป็นวงจรปิดโดยใส่น้ำประปาลงไปในกล่องกระดาษ

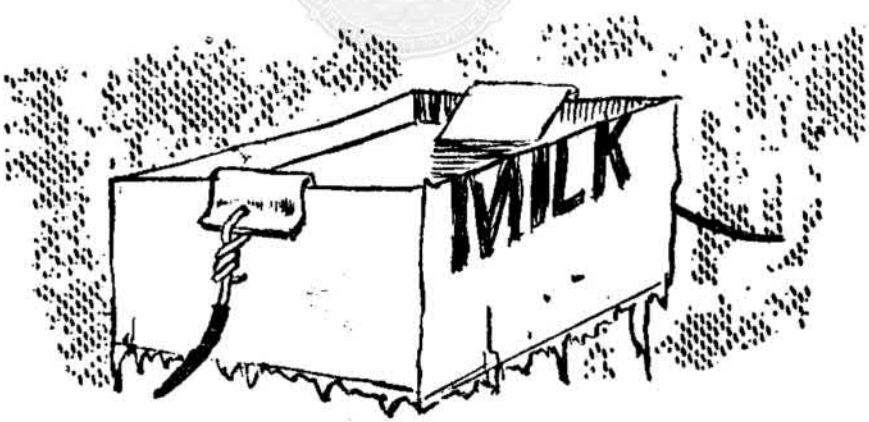
น้ำประปาเป็นตัวนำไฟฟ้า

ไขน้ำจากก๊อกลงไปในกล่องให้ระดับน้ำสูงจากก้นกล่องขึ้นมาประมาณ ๒ นิ้ว ในขณะที่เติมน้ำให้สังเกตดูเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า จะเห็นเข็มของเครื่องวัดกระดิก ข้อควรระมัดระวังก็คือความอ่อนและความกระด้างของน้ำมีผลกระทบกระเทือนต่อการนำไฟฟ้าอยู่ด้วย กล่าวคือ ถ้าน้ำที่นักเรียนใช้เป็นน้ำกระด้าง จะ

นำไฟฟ้าได้ดีเนื่องจากมีแร่ธาตุเจือปนอยู่ แต่ถ้าเป็นน้ำอ่อน ก็อาจนำไฟฟ้าได้น้อย จึงควรที่จะสังเกตในเรื่องเหล่านี้ไว้ด้วย นอกจากนั้นยังอาจมีสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่ทำให้เข็มของเครื่องวัดกระดิกได้อีกด้วย จึงควรจะได้สังเกตดูให้รอบคอบ

ถ้าเข็มของเครื่องวัดกระดิกแสดงว่า น้ำที่ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้า การทดลองขั้นต่อไปก็คือ ให้นำกล่องกระดาษวางลงไปในตู้แช่ (น้ำแข็ง) ทั้ง ๆ ที่มีแผ่นทองแดงอยู่ด้วย แช่ไว้จนกว่าน้ำจะเป็นน้ำแข็ง

แต่ถ้าเข็มของเครื่องวัดไม่กระดิก ให้เติมเกลือลงในกล่องกระดาษจนเข็มกระดิกแล้วจึงนำไปแช่ให้แข็ง



น้ำแข็งไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า

เมื่อน้ำในกล่องแข็งตัวกลายเป็นน้ำแข็ง ให้ต่อกล่องและแผ่นทองแดงเข้าเป็นวงจรปิด ดังเช่นการทดลองอันต้น คราวนี้ลองสังเกตดูเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า เข็มจะไม่กระดิก ซึ่งเป็นดังที่ฟาราเดย์และแฟรงคลินได้เคยสังเกตไว้ว่า น้ำแข็งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว เว้นเสียจากว่าน้ำแข็งในวงจรนั้นจะละลายกลายเป็นน้ำเหลวบ้าง ซึ่งน้ำเหลวนั้นนำกระแสไฟฟ้าได้ จึงจะเห็นเข็มกระดิกไป

นักเรียนอาจทดลองใช้น้ำกลั่นแทนน้ำประปา ทำการทดลองนี้ซ้ำอีก ซึ่งนักเรียนควรจะคาดผลของการทดลองได้ว่าควรเป็นเช่นไร เราจึงอาจสรุปเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้ว่า น้ำประปาเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ แต่น้ำแข็งไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า การที่น้ำประปาเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ ก็เพราะว่าในน้ำประปามีแร่ธาตุบางชนิดหรือสิ่งเจือปนบางอย่างปนอยู่ด้วย น้ำที่บริสุทธิ์จริง ๆ นั้นเป็นฉนวนไฟฟ้า.

ทดลองชุบลูกกุญแจด้วยกระแสไฟฟ้า

สิ่งที่ต้องการ

เกลือ (ธรรมดา) และน้ำส้มสายชู (เป็นขวดจากร้านขายเครื่องกระป๋อง)

ลูกกุญแจหรือวัตถุใด ๆ ก็ได้ที่เป็นโลหะ (ควรเป็นวัตถุที่ใช้ได้ภายหลังที่ชุบแล้ว)

เส้นลวดทองแดงชนิดมีฉนวนหุ้มสองเส้น ยาวเส้นละหนึ่งฟุต

ถ่านไฟฉายขนาดธรรมดาหนึ่งก้อน

แผ่นทองแดงขนาด ๑" × ๓"

การชุบด้วยไฟฟ้าเป็นกระบวนการที่ทำให้โลหะชนิดหนึ่งเปลี่ยนที่ไปเกาะอยู่บนโลหะอีกชนิดหนึ่ง โดยวิธีการอีเล็คโตรลิซิสต้องใช้กระแสไฟตรงซึ่งมีอีเล็คโตรดสองอันจุ่มอยู่

วิธีการอีเล็คโตรลิซิสใช้มากในการชุบโลหะที่มีราคาถูกด้วยโลหะที่มองดูสวยงาม เช่น ชุบเครื่องใช้ด้วยเงิน หรือทองแดงเป็นต้น นอกจากจะทำให้สวยงามแล้วยังอาจช่วยป้องกันมิให้โลหะผุกร่อนโดยง่าย ถ้าชุบด้วยโลหะที่ทนทานต่อการผุกร่อนได้ดีกว่า เช่น เหล็กชุบนิเกิล

ฟาราเดย์ได้ทำการทดลองในเรื่องของเคมีไฟฟ้า (Electrochemistry) หลายครั้ง เขามิได้สนใจในการชุบเพื่อความสวยงาม

หรือเพื่อป้องกันการผุกร่อน แต่ทดลองเพื่อต้องการทราบหลักการเบื้องต้นของอีเล็คโตรลิซิส ในขณะที่ฟาราเดย์เริ่มทำงานชิ้นนั้นนั้น นักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ทราบแต่เพียงว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านของเหลวจะเกิดการแยกสลาย (ส่วนประกอบของของเหลวจะแยกออกจากกัน เช่น น้ำแยกออกเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน) แต่เขาเหล่านั้นยังไม่ทราบถึงวิธีที่จะควบคุมกระบวนการให้เป็นไปตามที่ต้องการ ฟาราเดย์ตกลงใจที่จะทำการทดลองเพื่อให้ทราบในเรื่องนี้ ดังนั้นเขาจึงได้เริ่มทำการทดลองชุดนี้ขึ้น

การทดลองค้นคว้าของเขา ทำให้เราได้กฎที่มีชื่อว่า กฎอีเล็คโตรลิซิสของฟาราเดย์ หรือกฎเกี่ยวกับการแยกด้วยกระแสไฟฟ้าของฟาราเดย์ เขากล่าวว่า จำนวนของสารที่แยกออกมาระหว่างอีเล็คโตรลิซิสนั้นสัมพันธ์กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลแต่อย่างเดียว มิได้เกี่ยวกับอุณหภูมิ หรือความเข้มข้นของสารละลายหรือกำลังไฟฟ้า เขาได้พบอีกด้วยว่า ถ้ามีกระแสไฟฟ้าประมาณเท่า ๆ กันไหลผ่านสารละลายชนิดต่าง ๆ กัน จำนวนของส่วนประกอบที่แยกออกจะเป็นปฏิภาคกับน้ำหนักสมมูลย์ของสารละลาย ดังนั้นถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายเป็นจำนวนเท่ากัน ก็จะแยกสลายให้ส่วนประกอบออกมามีน้ำหนักสมมูลย์เท่ากัน.

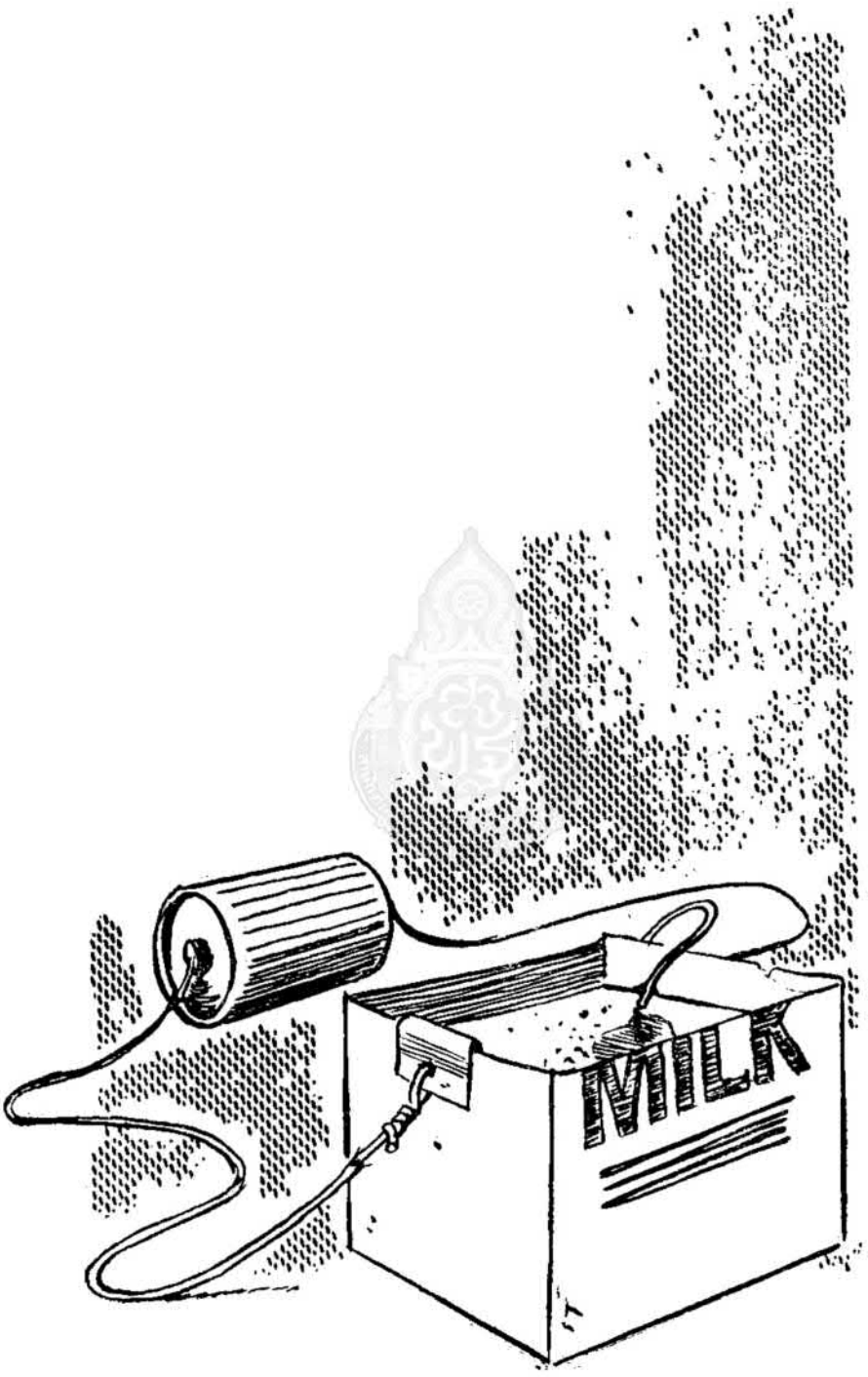
เมื่อเราทราบถึงหลักของการชุบด้วยกระแสไฟฟ้า และสิ่งที่ฟาราเดย์ได้พบเกี่ยวกับอีเล็คโตรลิซิสแล้วเช่นนี้ ก็ขอให้นักเรียนได้เริ่มทำการชุบลูกกุญแจของเราได้

วิธีการในการชุบด้วยไฟฟ้า

ใช้อุปกรณ์เช่นเดียวกับในหน้า ๓๗ เติมน้ำส้มลงในกล่องประมาณกว่าครึ่งกล่อง เติมเกลือแกงไป ๑ ช้อนโต๊ะ คนให้เข้ากัน เมื่อเกลือละลายหมดให้เติมเกลือลงอีกเรื่อย ๆ จนอิ่มตัว (สังเกตเห็นว่ามีเกลือเหลืออยู่ที่ก้นกล่อง) เราจะใช้สารละลายอิ่มตัวนี้เป็นอีเล็คโตรไลท์

นำลวดเส้นหนึ่งมาเชื่อมปลายเข้ากับแผ่นทองแดง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งพันไว้ที่ขั้วบนของถ่านไฟฉาย (ใช้ถ่านไฟฉาย

ใหม่ ๆ) ถ้าไม่มีที่เชื่อมโลหะ จะใช้กระดาษกาวพันติดไว้ก็ได้ ต่อไปต่อด้านล่างของถ่านไฟฉายเข้ากับลูกกุญแจ (หรือของอื่นที่จะชุบ) ในทำนองเดียวกัน โดยใช้ลวดอีกเส้นหนึ่ง ถ้าจะชุบลูกกุญแจ เอาลวดร้อยรูกุญแจแล้วพันไว้เป็นห่วงก็พอ กุญแจจะต้องล้างให้สะอาดและเช็ดให้แห้ง.


MILK

ทดลองชุบด้วยไฟฟ้า

สิ่งที่เรียกว่าอีเล็คโตรด ในที่นี้ คือ แผ่นทองแดง และลูกกุญแจ จุ่มอีเล็คโตรดทั้งสองลงในอีเล็คโตรไลท์ (เกลือละลายในน้ำส้มสายชูจนอิ่มตัว) ระวังอย่าให้อีเล็คโตรดทั้งสองเตะกัน จะสังเกตเห็นฟองเล็ก ๆ จำนวนมากเกิดขึ้นที่ลูกกุญแจ และสารละลายจะเปลี่ยนสี สิ่งที่กำลังเกิดอยู่ในขณะนี้ก็คือ ทองแดงในแผ่นทองแดงเริ่มละลาย และถูกกระแสไฟฟ้าผลักให้ผ่านไปในอีเล็คโตรไลท์ ไปเกาะที่ลูกกุญแจ ในขณะเดียวกันไฮโดรเจนจะแยกออกจากน้ำที่มีอยู่ในน้ำส้ม กลายเป็นฟองเกาะที่ลูกกุญแจ ถ้าเห็นฟองเกิดขึ้นมากต้องเขย่าลูกกุญแจเพื่อให้ฟองก๊าซหลุดออกไป มิฉะนั้นการชุบจะเกิดขึ้นช้าลง ๆ ทุกที ๆ

ในไม่ช้านักเรียนก็จะเห็นทองแดงจับที่ลูกกุญแจเป็นผิวบาง ๆ และจะเพิ่มมากขึ้น จนในที่สุดกุญแจลูกนั้นก็จะกลายเป็นลูกกุญแจสีทองแดงเป็นมันวาวอย่างงดงาม

พิมพที่โรงพิมพ์การศาสนา กรมการศาสนา ถนนบำรุงเมือง ข้างวัดสระเกศ พระนคร
นายพยุง ทิพย์นคร ผู้พิมพ์ และโฆษณา โทร. 812351