



ติดหนีบโดยไม่ต้องใช้กาบ

สิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ทั่วไป สิ่งที่น่าประหลาดใจหลายอย่างในชีวิตประจำวันเกิดจากไฟฟ้าสถิต เด็กๆ อาจเคยเห็นเส้นผมของตนตั้งขึ้นหลังจากหวีผม หรือเคยเห็นเม็ดโฟมเล็กๆ ติด “หนีบ” กับวัสดุอื่นๆ มาบ้างแล้ว

ภาพรวมการทดลอง

ให้เด็กๆ นำวัสดุต่างๆ เช่น ลูกโป่ง พลาสติกกันกระแทก มาถูกันด้วยผ้าขนสัตว์ วิธีนี้จะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตขึ้นที่ผิวของวัสดุเหล่านั้น

เด็กๆ จะได้เรียนรู้ว่า วัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตสามารถดูดหรือผลักวัสดุอื่นๆ ได้

วัสดุอุปกรณ์

สำหรับการทดลองรวม

- ผ้าขนสัตว์ (ผ้าพันคอ หมวก ถุงมือ ถุงเท้า ฯลฯ)
- กรรไกร

สำหรับเด็กแต่ละคน

- พลาสติกกันกระแทก
- ลูกโป่ง และปั๊มสุบลม (ถ้ามี)
- เชือก

สำหรับการทำการทดลองเพิ่มเติม

- กระดาษบางเบาเล็ก (เช่น กระดาษพกพา)

(รูปที่ 1)



รูปที่ 1: วัสดุอุปกรณ์



รูปที่ 2: หนูลูกโป่งด้วยผ้าขนสัตว์



รูปที่ 3: พลาสติกกันกระแทกติดประตูได้โดยไม่ต้องใช้กาบ

แนวคิดหลักของการทดลอง

วัสดุบางชนิดเมื่อมีการเสียดสีกันจะมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กัน และเมื่อแยกออกจากกันจะทำให้วัสดุแต่ละอัน

มีไฟฟ้าสถิต วัสดุที่มีประจุไฟฟ้าต่างกันจะดูดเข้าหากัน วัสดุที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนกันจะผลักรัน

เริ่มต้นจาก

ข้อเสนอแนะ: การทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตจะได้ผลดีถ้าทดลองในวันที่อากาศเย็น และแห้ง

ในการทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตมักจะมีการขัดถูผิวของวัสดุ 2 อย่างเข้าด้วยกันเสมอ การถูเช่นนี้อาจเป็นเรื่องยากสำหรับเด็กบางคน จึงต้องฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ

ติดได้โดยไม่ต้องใช้กาบ

ถือพลาสติกกันกระแทกหรือลูกโป่งให้แนบติดกับผนังเมื่อปล่อยมือ แผ่นพลาสติกหรือลูกโป่งติดกับผนังได้หรือไม่ถามเด็กๆ ว่าสามารถทำให้แผ่นพลาสติกกันกระแทกหรือลูกโป่งติดกับผนังโดยไม่ต้องใช้ตะปูและกาบได้อย่างไร

ทดลองต่อไป

ใช้เชือกผูกลูกโป่งไว้แล้วใช้ผ้าขนสัตว์ถูลูกโป่งเกิดอะไรขึ้น เมื่อนำลูกโป่งไปสัมผัสกับสิ่งต่างๆ ถ้าลูกโป่งมีลายพิมพ์ให้ดูบริเวณนี้เป็นพิเศษ

ลองทำตามความคิดเห็นของเด็กๆ จากนั้นจึงนำผ้าขนสัตว์ให้เด็ก และบอกวิธีใช้ผ้าถูกับแผ่นพลาสติกหรือลูกโป่ง (รูปที่ 2)

ลองใช้วิธีการต่างๆ ในการถู เช่น สวมไว้ที่มือแล้วถูลูกโป่งโดยใช้ขาหนีบลูกโป่งไว้ หรือให้เด็กคนอื่นถือลูกโป่งไว้ให้เกิดอะไรขึ้นเมื่อนำแผ่นพลาสติกหรือลูกโป่งด้านที่ถูด้วยผ้าขนสัตว์ไปแนบไว้กับผนังและปล่อยมือ ถ้าเปลี่ยนข้างที่แนบเป็นอีกข้างหนึ่งของลูกโป่งจะเกิดอะไรขึ้น ถ้าขัดถูแผ่นพลาสติกหรือลูกโป่งด้วยวัสดุอื่นๆ จะสามารถทำให้ดูดติดกับผนังได้หรือไม่

และนำเข้าไปใกล้กับวัสดุอื่นๆ เกิดอะไรขึ้นเมื่อนำลูกโป่งเข้ามาใกล้ๆ กับกางเกง



ติดหีบโดยไม่ต้องใช้กา

เกิดอะไรขึ้น

แผ่นพลาสติกและลูกโป่งสามารถยึดติดกับผนังได้ (รูปที่ 3)
เนื่องจากเกิดไฟฟ้าสถิตที่ผิวลูกโป่ง ซึ่งเกิดจากการถูด้วยผ้า
ขนสัตว์ ทำให้แผ่นพลาสติกและลูกโป่งติดติดกับผนังได้

คำแนะนำ

ให้เด็กๆ แข่งขันกันว่า ลูกโป่งของใครติดอยู่กับผนังได้นานที่สุด
อาจนำลูกโป่งมาถูกับผมของตนเอง ถามเด็กๆ ว่ารู้สึกอย่างไร
ลูกโป่งติดอยู่กับผมได้หรือไม่

เมื่อค่อยๆ นำลูกโป่งออกจากเส้นผม เส้นผมจะตั้งขึ้น
(รูปที่ 5) ลองส่องดูในกระจกเงา ถ้าทดลองในห้องมืดและ
สังเกตให้ดี อาจเห็นประกายไฟเล็กๆ อีกด้วย

ทำไมเป็นเช่นนั้น

เมื่อวัสดุเกิดการเสียดสีกัน จะมีการถ่ายประจุให้กันได้
อิเล็กตรอนจากผ้าขนสัตว์จะเคลื่อนมายังผิวของแผ่นพลาสติก
กันกระแทกและลูกโป่ง เนื่องจากอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้า
เป็นลบ แผ่นพลาสติกและลูกโป่งที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเกิน
จึงมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ส่วนผ้าขนสัตว์ที่สูญเสียไปจึงมี
ประจุไฟฟ้าเป็นบวก วัสดุที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนกัน (บวก
หรือลบ) จะผลักกัน ดังนั้น ลูกโป่ง 2 ลูกที่มีประจุไฟฟ้า
เป็นลบ จึงผลักกัน

แล้วทำไมซากางเกงที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจึงติดติดกับลูกโป่ง
ที่มีอำนาจไฟฟ้าเป็นลบได้ วัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตจะทำให้เกิด
การถ่ายเทประจุไฟฟ้ากับวัสดุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า เช่น
ซากางเกง เมื่อนำลูกโป่งที่มีอำนาจไฟฟ้าเป็นลบเข้ามาใกล้

ลูกโป่งมีไฟฟ้าสถิตจึงติดติดกับวัสดุต่างๆ เช่น ซากางเกง
(รูปที่ 4)

ทดลองดูว่าจะเกิดอะไรขึ้น เมื่อนำลูกโป่งที่มีไฟฟ้าสถิต
2 ลูกเข้ามาใกล้ ๆ กัน

ข้อเสนอแนะ: วัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตจะคายประจุอย่างรวดเร็ว
เมื่อสัมผัสกับวัสดุที่อยู่ติดกับพื้นดิน เช่น ท่อหรือก๊อกน้ำ
และจะคายประจุได้ดีขึ้นเมื่อพื้นผิวนั้นเปียกชื้นเล็กน้อย

ขณะทำการทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิต สามารถทำการทดลอง
เรื่องแรงดูดและแรงผลักของแม่เหล็กไปพร้อมกันได้
และนำมาเปรียบเทียบกัน

กับซากางเกง อิเล็กตรอนบนผิวของซากางเกงจะถูกผลัก
ให้ไปรวมตัวกันอยู่อีกด้านหนึ่ง ก่อให้เกิดเสมือนมีขั้วบวก
ที่ซากางเกงส่วนบน ดังนั้นซากางเกงส่วนบนจึงดึงดูดลูกโป่ง
ที่มีอำนาจไฟฟ้าเป็นลบได้ เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า
การเหนี่ยวนำไฟฟ้า เช่นเดียวกับสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อนำแผ่น
พลาสติกที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบไปแนบกับผาผนังที่เป็น
กลางทางไฟฟ้า

การถูลูกโป่งบนเส้นผมทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตได้เช่นกัน
โดยเส้นผมจะสูญเสียอิเล็กตรอนเหมือนกับผ้าขนสัตว์และ
เกิดอำนาจไฟฟ้าเป็นบวก เส้นผมแต่ละเส้นที่มีประจุบวก
จึงผลักกัน เส้นผมจึงตั้งขึ้น การใช้ครีมนวดผมหรือ
เจลแต่งผมจะลดการเกิดไฟฟ้าสถิตได้

รูปที่ 4: ลูกโป่งติดติดกับซากางเกง

รูปที่ 5: เส้นผมตั้งขึ้น



เล่นกับไฟฟ้าสถิต

สิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

ในชีวิตประจำวันมีสิ่งที่น่าสนใจที่มาจากไฟฟ้าเกิดขึ้นหลายอย่าง ตั้งแต่ฝุ่นที่เกาะบนหน้าจอทีวี หรือเวลาที่เรารู้สึกกระตุก” เล็กน้อยขณะยืนนิ้วโป้งติดกริ่ง หรือสัมผัสที่อื่นๆ ทั้งหมดนี้เกิดจากแรงผลักและแรงดูดจากไฟฟ้าสถิตทั้งสิ้น

ภาพรวมการทดลอง

ถูกลูกโป่งและวัสดุอื่นๆ เพื่อสร้างไฟฟ้าสถิต และเรียนรู้การดึงดูดและผลกันของวัสดุที่มีไฟฟ้าสถิต

ทดลองทำให้วัตถุชิ้นเล็กๆ ลอยขึ้นมาติดกับลูกโป่ง และทำให้กระดาษเต้นระบำได้

วัสดุอุปกรณ์

สำหรับการทดลองรวม

- ผ้าขนสัตว์ (ผ้าพันคอ หมวก ถุงมือ ถุงเท้า ฯลฯ)
- เม็ดโฟม (หรือวัสดุเบาๆ เช่น เศษกระดาษชิ้นเล็กๆ สายรุ้ง)
- กระดาษทิชชู
- ปากกาเมจิกหรือดินสอ
- กรรไกร

สำหรับเด็กแต่ละคน

- ลูกโป่ง
- วัสดุที่ทำด้วยพลาสติก (เช่น ไม้แขวนเสื้อ ปากกา ช้อนพลาสติก ไม้บรรทัด หวี)

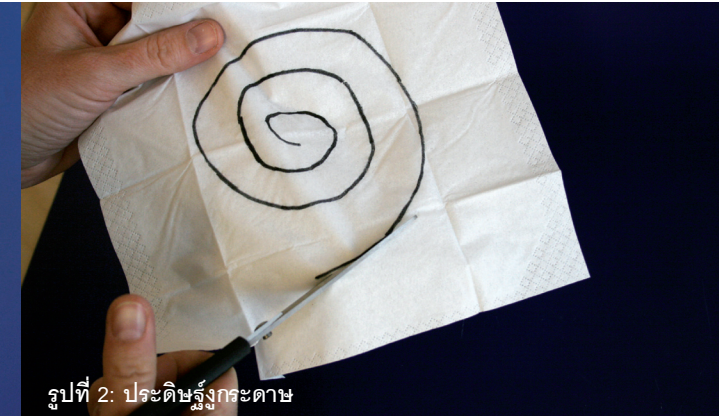
สำหรับการทำการทดลองเพิ่มเติม

- จานก้นลึก
- แผ่นวัสดุที่เป็นพลาสติก

(รูปที่ 1)



รูปที่ 1: วัสดุอุปกรณ์



รูปที่ 2: ประดิษฐ์รูกระดาษ

แนวคิดหลักของการทดลอง

เมื่อวัสดุบางชนิดมีการเสียดสีกันจะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต เมื่อนำวัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตไปใกล้วัสดุที่เล็ก เบา และเป็นฉนวน เช่น

เศษกระดาษหรือเม็ดโฟม จะเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าทำให้วัตถุชิ้นเล็กๆ เหมือนมีแรงมากระทำหรือถูกดูดขึ้นมาได้

เริ่มต้นจาก

ข้อเสนอแนะ: การทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตจะได้ผลดี ถ้าทดลองในวันที่อากาศเย็น และไม่ชื้น

ในการทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตมักจะมีกรณีของวัสดุ 2 อย่างเข้าด้วยกันเสมอ การถูเช่นนี้อาจจะเป็นเรื่องยากสำหรับเด็กบางคน จึงต้องฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ

โรงละครสัตว์จิ๋ว

เป่าลูกโป่งและมัดปากลูกโป่งไว้ จากนั้นให้เด็กๆ แต่ละคนถือลูกโป่งไว้เหนือเม็ดโฟมและสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น

ถูกลูกโป่งด้วยผ้าขนสัตว์โดยถือไว้เหนือเม็ดโฟม สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น

ให้คำแนะนำเด็กๆ ในการถูกลูกโป่ง เช่น สวมไว้ที่มือ หนีบลูกโป่งไว้ระหว่างขา หรือให้เพื่อนช่วยถือไว้ให้

ทดลองต่อไป

กระดาษเต้นได้

ตัดกระดาษทิชชูให้เป็นรูปเกลียวเหมือนงู (รูปที่ 2) พร้อมกับวาดหน้าตาของงูด้วย

คำเตือน: กระดาษทิชชูฉีกขาดได้ง่าย

จากนั้นให้เด็กๆ ถือลูกโป่งเหนือกระดาษ สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น แล้วถูลูกโป่งใช้ผ้าขนสัตว์ถูกับลูกโป่ง จากนั้นนำลูกโป่งไปใกล้กระดาษจะเกิดอะไรขึ้นกับกระดาษหรือไม่

ถูกลูกโป่งกับผ้าขนสัตว์หลายๆ ครั้ง สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น เมื่อถือลูกโป่งไว้เหนือกระดาษอีกครั้งและแกว่งลูกโป่งไปมาเล็กน้อย ไม่เฉพาะลูกโป่งเท่านั้น วัสดุอื่นๆ ที่ทำจากพลาสติก (เช่น ไม้แขวนเสื้อ ไม้บรรทัด หรือปากกา) สามารถก็นำมาถูกับผ้าขนสัตว์ได้ ทดสอบการดึงดูดของวัสดุที่ทำจากพลาสติกกับวัสดุที่บางเบา เช่น เศษกระดาษ กระดาษทิชชู สายรุ้ง เศษขนมปัง หรือเส้นผม ลองถูลูกโป่ง วัสดุอื่นๆ เช่น ผ้าล้า ผ้าไหม ผ้าม่าน พรม ตุ๊กตา เป็นต้น



เล่นกับไฟฟ้าสถิต

เกิดอะไรขึ้น

โรงละครสัตว์จิ๋ว

เมัดโฟมลอยขึ้นมาติดลูกโป่ง และเมื่อเวลาผ่านไปไม่นานนัก ก็จจะร่วงหล่นไปทุกทิศทุกทาง

คำแนะนำ

ขณะที่เด็กคนหนึ่งกำลังทำให้งูเต้นด้วยลูกโป่งอยู่นั้น เด็กอีกคน อาจเปลี่ยนทิศทางการเต้นของงูได้ เกิดอะไรขึ้นเมื่อถือวัสดุ ที่มีไฟฟ้าสถิตอีกชิ้น เช่น ไม้บรรทัด ไร้อัลลูกับงูกระดาด

เล่นเกมขนย้ายเศษกระดาษหรือตัวการ์ตูนที่ทำจากกระดาษ ทิชชูจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ด้วยการนำลูกโป่งไปดูดติด เศษกระดาษ และใช้มือลูบเศษกระดาษออก อาจเล่าเป็น เรื่องราวเช่น “เราต้องช่วยเหลือปลาให้ออกไปจากบ่อน้ำ แห่งขอ”

ทำไมเป็นเช่นนั้น

เมื่อเกิดการเสียดสี อิเล็กตรอนจากผ้าขนสัตว์จะเคลื่อนที่ มายังพื้นผิวของยางและพลาสติก เนื่องจากอิเล็กตรอน มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ แผ่นพลาสติกและลูกโป่งจึงมีประจุ ไฟฟ้าเป็นลบไปด้วย ส่วนผ้าขนสัตว์มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก เนื่องจากสูญเสียอิเล็กตรอนไปกับการถ่ายเทประจุไฟฟ้า

เมัดโฟมและเศษกระดาษทิชชูเป็นกลางทางไฟฟ้า แต่ สามารถถูกดึงดูดด้วยวัสดุที่มีประจุลบ เนื่องจากเกิดการ เหนี่ยวนำไฟฟ้า (ดูการทดลองที่ 1 ปรากฏการณ์ไฟฟ้าสถิต) หลังจากเมัดโฟมเกาะติดกับลูกโป่งแล้ว อิเล็กตรอนจะ ค่อยๆเคลื่อนตัวช้าๆ จากลูกโป่งมายังเมัดโฟม ทำให้เมัดโฟม ที่มีอิเล็กตรอนมีประจุลบและเริ่มผลักกันเอง เหมือนกับว่า

งูกระดาดเต้นได้

งูกระดาดเริ่มต้น โดยโยกตัวตามลูกโป่งที่แกว่งไปมา (เหมือน เป่าปี่ใส่) (รูปที่ 3) เมื่อนำพลาสติคเข้ามาใกล้ งูกระดาด จะถูกดูดติดกับพลาสติค

ใส่เมัดโฟมลงไปในงานกันลิกและปิดด้วยแผ่นพลาสติก เกิดอะไรขึ้นเมื่อขัดถูแผ่นพลาสติกนี้ด้วยผ้าขนสัตว์ (รูปที่ 4) ลองแนบหูกับแผ่นพลาสติกเพื่อฟังเสียง

ข้อเสนอแนะ: ช่วยกันทดลองโดยใช้แผ่นพลาสติกหลายๆ แบบ แต่ละแบบเกิดไฟฟ้าสถิตได้ดีเหมือนกันหรือไม่

ข้อเสนอแนะ: วัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตสามารถคายประจุได้อย่างไร รวดเร็วเมื่อสัมผัสกับวัสดุที่อยู่ติดกับพื้นดิน เช่น ท่อหรือก๊อกน้ำ และคายประจุได้ดียิ่งขึ้นเมื่อพื้นผิววัสดุนั้นเปียกชื้นเล็กน้อย

เมัดโฟมแต่ละเมัดนั้นปลิวออกจากกัน เมื่อเราสวมรองเท้ายาง เดินบนพื้นพรม รองเท้ายางจะ “ดูดแย่ง” อิเล็กตรอนจาก พื้นพรม อิเล็กตรอนเหล่านี้จะกระจายไปตามร่างกายของเรา โดยที่เราไม่รู้ตัว และจะรู้สึกได้เมื่อยืนนิ้วไปกดกริ่งหน้า ประตูบ้าน อิเล็กตรอนที่มีปริมาณเกินจากระดับปกติเหล่านี้ จะกระโดดข้ามไปยังกริ่ง เราจึงรู้สึกแปลกๆ ที่นิ้ว

การเกิดประจุของไฟฟ้าสถิตเช่นนี้มักเกิดในสภาพอากาศแห้ง เนื่องจากละอองน้ำช่วยให้เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนได้เร็วกว่า การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากวัสดุหนึ่งไปยังอีกวัสดุหนึ่ง จึงไม่เกิดการสะสม ส่งผลให้ไม่สามารถสังเกตเห็นการ เหนี่ยวนำและการถ่ายเทประจุได้ชัดเจน

รูปที่ 3: ปู่ง

รูปที่ 4: เมัดโฟมลอยขึ้นมาติดแผ่นพลาสติก



หักเห่น้ำ

สิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

กระแสไฟฟ้าไม่ได้เกิดขึ้นมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น แต่ในฤดูหนาวซึ่งมีสภาพอากาศแห้ง เราจะสังเกตเห็นปรากฏการณ์อันน่าทึ่งของไฟฟ้าราวกับเป็นมายากลเลยทีเดียว

ภาพรวมการทดลอง

สร้างไฟฟ้าสถิตบนพื้นผิวของวัสดุที่ทำด้วยพลาสติก และเรียนรู้ว่าไฟฟ้าสถิตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของของเหลวได้อีกด้วย

เราสามารถทำให้น้ำหักเหและโค้งงอได้โดยไม่ต้องสัมผัส

วัสดุอุปกรณ์

สำหรับการทดลองรวม

- ผ้าขนสัตว์ (ผ้าพันคอ หมวก ถุงมือ ถุงเท้า ฯลฯ)
- ก๊อกน้ำ

สำหรับเด็กแต่ละคน

- วัสดุสังเคราะห์ (เช่น ข้อนพลาสติก)
- วัสดุอื่นๆ เช่น หวี ลูกโป่ง ไม้แขวนเสื้อพลาสติก ไม้บรรทัด ขึ้นส่วนตัวต่อขนาดใหญ่ แผ่นพลาสติกกันกระแทก

สำหรับการทำการทดลองเพิ่มเติม

- แก้วขนาดเล็ก 2 ใบ

(รูปที่ 1)



รูปที่ 1: วัสดุอุปกรณ์



รูปที่ 2: ข้อนพลาสติกเกิดประจุไฟฟ้าจากการขัดถู



รูปที่ 3: เปลี่ยนทิศทางการไหลของสายน้ำได้โดยไม่ต้องสัมผัส

แนวคิดหลักของการทดลอง

หลังการเสียดสีกัน วัสดุสังเคราะห์จะมีไฟฟ้าสถิต การนำวัสดุไปถือไว้ใกล้สายน้ำที่ไหลออกมาจากก๊อกสามารถทำให้เกิด

การเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดการหักเหของสายน้ำได้

เริ่มต้นจาก

ข้อเสนอแนะ: การทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตจะได้ผลดีถ้าทดลองในวันที่อากาศเย็น และแห้ง (มีความชื้นน้อย) ในการทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตมักจะมีการขัดถูผิวของวัสดุ 2 อย่างเข้าด้วยกันเสมอ การถูเช่นนี้อาจจะเป็นเรื่องยากสำหรับเด็กบางคน จึงต้องฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ วัสดุสังเคราะห์ (เช่น ข้อนพลาสติก ลูกโป่ง ไม้บรรทัด)

ซึ่งเมื่อก้าวถึงวัสดุสังเคราะห์เรามักนึกถึงพลาสติกเปิดก๊อกน้ำให้น้ำไหลเป็นสายเล็กๆ จากนั้นให้เด็กแต่ละคนถือวัสดุที่เตรียมไว้และนำไปจ่อใกล้ๆ สายน้ำโดยไม่ให้สัมผัสกับน้ำ สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น

นอกจากการทดลองน้ำที่ไหลจากก๊อกน้ำแล้ว เด็กๆ สามารถศึกษาด้วยการทดลองกับขวดที่เจาะรู (ดังเช่น ขวดเจาะรูในการทดลองหัวข้อ “น้ำ”) ได้เช่นเดียวกัน

ทดลองต่อไป

หลังจากเรียนรู้ปรากฏการณ์ที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตแล้ว ให้วางผ้าขนสัตว์ไว้ใกล้ๆ ตัว

ลองใช้วัสดุต่างๆ กับผ้าขนสัตว์แรงๆ หลายๆ ครั้ง (รูปที่ 2) จากนั้นถือวัสดุนั้นไว้ด้านบนใกล้กับสายน้ำ

- เกิดอะไรขึ้นเมื่อค่อยๆ ขยับวัสดุเข้าใกล้สายน้ำ
- เกิดอะไรขึ้นเมื่อค่อยๆ เลื่อนวัสดุขึ้นลงตามแนวการไหลของสายน้ำ
- เกิดอะไรขึ้นเมื่อวัสดุที่ถือได้สัมผัสกับก๊อกน้ำ เรายังหักเหทิศทางการไหลของน้ำได้หรือไม่

ให้เด็กหลายๆ คนถือวัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตไว้ใกล้กับสายน้ำ และลองพยายามทำให้แนวการไหลของน้ำหักเหให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

- เกิดอะไรขึ้นเมื่อนำวัสดุเข้าใกล้และห่างออกไปไกลจากสายน้ำ
- เกิดอะไรขึ้นเมื่อหมุนก๊อกปรับให้น้ำไหลแรงขึ้นและมีแรงดันสูงขึ้น
- เราสามารถทำให้ทิศทางการไหลของน้ำหักเหได้ด้วยวัสดุประเภทอื่นๆ ที่ถือด้วยผ้าขนสัตว์ได้หรือไม่



หักเห่น้ำ

เกิดอะไรขึ้น

เมื่อนำวัสดุที่ไม่มีไฟฟ้าสถิตเข้ามาใกล้ๆ กับสายน้ำจะไม่มีอะไรเกิดขึ้น แต่เมื่อถูวัสดุดังกล่าวด้วยผ้าขนสัตว์เพื่อสร้างไฟฟ้าสถิตก่อน จะสามารถทำให้ทิศทางของสายของน้ำหักเหได้โดยไม่ต้องสัมผัส (รูปที่ 3)

คำแนะนำ

ทดลองต่อไปคือ การหักเหทิศทางของน้ำให้ไหลลงในภาชนะที่รองรับ ให้เด็กๆ ลองควบคุมทิศทางของสายน้ำ เพื่อให้ น้ำไหลลงในแก้วที่รองรับอยู่ด้านล่าง (รูปที่ 4 และ 5) ใครเติมน้ำได้เต็มแก้วโดยใช้เวลาน้อยที่สุดจะได้รับรางวัล หรืออาจให้เด็กพยายามควบคุมน้ำไม่ให้ไหลเข้าภาชนะที่รองรับอยู่ด้านล่าง โดยคนที่เติมน้ำลงในภาชนะได้น้อยที่สุดได้รับรางวัล

ทำไมเป็นเช่นนั้น

ก่อนเกิดการถ่ายเทประจุ วัสดุนั้นจะเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อเกิดการเสียดสี อิเล็กตรอนจากผ้าขนสัตว์จะถ่ายเทมาบนพื้นผิวของวัสดุสังเคราะห์ เนื่องจากอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ วัสดุสังเคราะห์ที่มีจำนวนอิเล็กตรอนเกินปกติจึงมีอำนาจไฟฟ้าเป็นลบ ส่วนผ้าขนสัตว์ที่สูญเสียอิเล็กตรอนไปมีอำนาจไฟฟ้าเป็นบวก

แนวการไหลของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อนำวัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตเข้าไปใกล้ๆ สายน้ำ เมื่อแตะวัสดุดังกล่าวกับก๊อกน้ำหรือทำให้วัสดุเปียก วัสดุจะเกิดการคายประจุและสูญเสียความสามารถในการหักเหทิศทางของน้ำ การหักเหจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อแรงดันน้ำต่ำ นั่นคือ เมื่อหมุนเปิดก๊อกให้น้ำไหลเพียงเบาๆ

จากนั้นให้เด็กทดลองกับขวดเจาะรู (รูปที่ 6) โดยให้ช่วยกันหักเหสายน้ำไปในทุกทิศทาง (ขึ้น/ลง/ซ้าย/ขวา)

ทดสอบดูว่าสายน้ำจากขวดที่เจาะรูสูงหรือต่ำจะหักเหได้ดีกว่ากัน และหักเหได้มากขึ้นหรือไม่เมื่อแรงดันน้ำลดลงเรื่อยๆ

วัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบนวัสดุที่อยู่ใกล้เคียง อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังพื้นผิวอีกด้านหนึ่งของวัสดุหรือสายน้ำที่อยู่ด้านใกล้จึงมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ และพื้นผิวด้านไกลมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก สายน้ำจึงถูกดึงดูดด้วยวัสดุสังเคราะห์ที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

แรงดันน้ำจากขวดที่เจาะรูนั้น มีแรงดันสูงกว่าก๊อกน้ำ ดังนั้นจึงทำให้ทิศทางของสายน้ำหักเหได้ไม่มากนัก

รูปที่ 4, 5: การหักเหทิศทางของน้ำที่ไหลจากแก้วใบหนึ่งไปยังแก้วอีกใบ



รูปที่ 6: นำข้อขึ้นไปใกล้กับน้ำที่ไหลออกมาจากขวด



การแยกเกลือและพริกไทย

สิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

ปรากฏการณ์หลายอย่างในชีวิตประจำวันของเรานั้นมีสาเหตุมาจากไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้าสถิตมีประโยชน์สำหรับเราเช่นกัน เช่น ถ้าเกลือและพริกไทยผสมกันอยู่ เราจะแยกสารทั้งสองชนิดนี้ออกจากกันได้อย่างไร

ภาพรวมการทดลอง

สร้างไฟฟ้าสถิตให้เกิดขึ้นบนวัสดุที่เป็นพลาสติก และใช้ไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้น แยกเกลือและพริกไทยออกจากกัน

วัสดุอุปกรณ์

สำหรับการทดลองรวม

- ผ้าขนสัตว์ (ผ้าพันคอ หมวก ถุงมือ ถุงเท้า ฯลฯ)
- เกลือเม็ด ขนาดปานกลาง
- พริกไทยปน

สำหรับเด็กแต่ละคน

- ขามใบเล็กหรือจานรอง 2 ใบ
- วัสดุสังเคราะห์ (เช่น ข้อนพลาสติก)
- วัสดุอื่นๆ เช่น หวี ลูกโป่ง ไม้แขวนเสื้อพลาสติก ไม้บรรทัด ขึ้นส่วนตัวต่อขนาดใหญ่ และแผ่นพลาสติกกันกระแทก 1 แผ่น

สำหรับการทำการทดลองเพิ่มเติม

- กระชอนหรือที่กรองชา
- เตาไฟฟ้า
- ไม้ขีดไฟ
- แก้วพร้อมฝาปิด
- น้ำ 1 แก้ว สำหรับดับไฟ
- ข้อนโลหะขนาดเล็ก
- แก้วน้ำใส่น้ำ
- ไม้หนีบผ้า
- กรวยพลาสติกและกระดาษกรวย

(รูปที่ 1 และ 2)



รูปที่ 1: วัสดุอุปกรณ์



รูปที่ 2: วัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดลองเพิ่มเติม



รูปที่ 3: ผสมเกลือและพริกไทยเข้าด้วยกัน

แนวคิดหลักของการทดลอง

ไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากการเสียดสีกันของวัสดุสังเคราะห์กับผ้าขนสัตว์ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าบนเม็ดผงพริกไทย

ทำให้เม็ดผงพริกไทยที่มีสมบัติเป็นฉนวนเบาและเล็กถูกดูดขึ้นมาจากส่วนผสม

เริ่มต้นจาก

ข้อเสนอแนะ: การทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตจะได้ผลดี ถ้าทดลองในวันที่อากาศเย็น และแห้ง

ในการทดลองเรื่องไฟฟ้าสถิตมักจะมีการขัดสีหรือการถูของผิววัสดุ 2 อย่างเข้าด้วยกันเสมอ การทำเช่นนี้อาจเป็นเรื่องยากสำหรับเด็กบางคน จึงต้องฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ

ผสมเกลือและพริกไทยลงในถ้วยใบเล็ก (รูปที่ 3) เด็กๆ มีวิธีแยกพริกไทยออกจากเกลือได้อย่างไร

อาจใช้มือหยิบแยกพริกไทยและเกลือออกจากกันทีละเม็ด แต่คงจะเป็นงานที่น่าเบื่อมาก มีวิธีที่ง่ายกว่านี้หรือไม่ เราจะแยกสารทั้ง 2 ชนิดนี้ให้เร็วขึ้นได้อย่างไร

ข้อเสนอแนะ: พริกไทยทำให้ดวงตาและทางเดินหายใจแสบร้อนได้ จึงควรระมัดระวังไม่ให้สัมผัสกับใบหน้า

ทดลองต่อไป

ครูแจกอุปกรณ์เพิ่มเติมให้เด็ก คือ ผ้าขนสัตว์และข้อนพลาสติก หากเด็กมีประสบการณ์ในการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตแล้ว เด็กๆ จะดูข้อนพลาสติกด้วยผ้าขนสัตว์ทันที และถือข้อไว้นเหนือส่วนผสมของพริกไทยและเกลือถามเด็กว่า ได้ยินเสียงอะไรหรือไม่ และอย่าถือข้อใกล้กับส่วนผสมมากจนเกินไปในตอนแรก สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น

เด็กๆ สังเกตเห็นอะไรบ้าง เมื่อถือข้อไว้นใกล้ๆ กับส่วนผสมระหว่างพริกไทยและเกลือ มีวิธีแยกพริกไทยได้ดีกว่านี้อีกหรือไม่ เช่น สร้างไฟฟ้าสถิตให้กับลูกโป่งแล้วจึงนำมาทดสอบ พยายามกระตุ้นให้เด็กๆ สนใจอยากทดลอง



การแยกเกลือและพริกไทย

เกิดอะไรขึ้น

ข้อสังเกตติดเม็ดพริกไทยได้ไม่ดีเท่าลูกโป่ง การแยกเม็ดพริกไทยออกจากซอส ทำได้โดยใช้มือลูบเม็ดพริกไทยใส่ในถ้วยอีกใบ ถ้าถือซอสไว้ใกล้ส่วนผสมมากเกินไป เกล็ดของเกลือที่ใหญ่กว่า

คำแนะนำ

ให้เด็กๆ ช่วยกันคิดหาวิธีแยกเกลือและพริกไทยออกจากกัน

- ลองเป่าเม็ดพริกไทยขนาดเล็กออกไปอย่างระมัดระวัง (ดูทิศทางลมด้วย) แยกได้หมดหรือไม่ ระวัง อย่าเป่าเข้าใบหน้า เพราะพริกไทยทำให้ทางเดินหายใจแสบร้อนได้
- เกิดอะไรขึ้นเมื่อเขย่าแก้วที่ใส่ส่วนผสมนี้จนสักครู่หนึ่ง สารจะแยกออกจากกัน เนื่องจากชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนผ่านช่องว่างลงไปรวมกันอยู่ด้านล่าง
- ลองแยกเกลือออกจากพริกไทยโดยใช้กระชอนหรือที่กรองชา เกลือจะหลงเหลืออยู่ในกระชอน และพริกไทยจะลอดผ่านรูกระชอนลงไปได้ (รูปที่ 4)
- ลองแยกพริกไทยออกจากเกลือโดยใช้สมบัติการละลายน้ำของสาร โดยเทสารผสมลงในแก้วที่มีน้ำเล็กน้อยและใช้ซอสคน สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น ยังเห็นเกล็ดเล็กๆ สีขาวอยู่หรือไม่ ขณะนี้เกลือละลายไปแล้ว แต่เกลือละลายหายไปไหน ลองให้เด็กๆ ชิมดูซิว่าน้ำมีรสเค็มหรือไม่

จะสามารถเอาชนะแรงดึงดูดของโลกและเกาะติดช้อนได้ เช่นเดียวกัน หลังจากนั้นเกล็ดเกลือก็จะหลุดจากช้อนเอง

เม็ดพริกไทยยังคงลอยอยู่ในน้ำ เมื่อคนต่อไปเม็ดพริกไทยจะละลายด้วยหรือไม่ เราจะแยกเม็ดพริกไทยออกจากน้ำได้อย่างไร การแยกเม็ดพริกไทยออกจากน้ำ ให้ใช้กรวยพลาสติกและกระดาษกรอง (รูปที่ 5)

แล้วเราจะแยกเกลือออกจากน้ำได้อย่างไร เกลือยังคงอยู่ในน้ำหรือไม่ ลองชิมดูว่ามีรสชาติอย่างไร ตักน้ำเกลือใส่ช้อนเล็กน้อย ใช้ไม้หนีบผ้าหนีบช้อนแล้วนำไปอังเหนือไฟ (รูปที่ 6) น้ำจะเริ่มร้อนและระเหยเป็นไอ คงเหลือเฉพาะเกลือในช้อนเท่านั้น สังเกตว่าเกลือมีลักษณะอย่างไร และรสชาติของเกลือยังเค็มเหมือนเดิมหรือไม่ บอกให้เด็กๆ รอให้ช้อนเย็นลงเสียก่อนทดลองชิม

ข้อควรระวัง: ก่อนทดลองให้เตรียมแก้วใส่น้ำไว้เพื่อใช้ดับไฟในยามฉุกเฉิน ถ้าเด็กผอมยาวให้มัดผมให้เรียบร้อย หากยังมีสารละลายเหลือให้ใส่แก้ว และนำไปตั้งไว้กลางแดด เพื่อให้ น้ำค่อยๆ ระเหยไป จนเหลือแต่เกลืออยู่ในแก้ว

ทำไมเป็นเช่นนั้น

เมื่อเกิดการเสียดสี อิเล็กตรอนจากผ้าขนสัตว์จะเคลื่อนที่ไปยังพื้นผิวของซอสพลาสติก (เกิดการถ่ายเทประจุ) ซอสพลาสติกจึงมีสถานะทางไฟฟ้าเป็นลบ ส่วนผ้าขนสัตว์มีสถานะทางไฟฟ้าเป็นบวก เพราะสูญเสียอิเล็กตรอน

วัสดุที่มีไฟฟ้าสถิตสามารถทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของประจุไฟฟ้าในวัสดุอีกวัสดุหนึ่งที่เป็นกลางได้ เช่น ผงเครื่องปรุงเกลือและพริกไทย เนื่องจากการเคลื่อนตัวของอิเล็กตรอนจากอะตอมทุกๆ อะตอมไปยังอีกด้านหนึ่ง

ผงเครื่องปรุงด้านที่อยู่ใกล้จึงมีสถานะทางไฟฟ้าเป็นลบ และพื้นผิวด้านไกลเป็นบวก ช้อนจึงดึงดูดด้านบวกของเม็ดพริกไทย ขึ้นมาติดกับผิวช้อนซึ่งมีสถานะทางไฟฟ้าเป็นลบ เรียกว่า

การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

หลังจากที่เม็ดพริกไทยเกาะติดกับช้อนแล้ว จะรับเอาอิเล็กตรอนส่วนเกินมาจากช้อน ทำให้เม็ดพริกไทยมีประจุลบและเริ่มผลักรันเอง เม็ดพริกไทยจึงกระเด็นออกไปทุกทิศทุกทาง



รูปที่ 4: เกลือแต่เกลือ



รูปที่ 5: กรองสารละลาย เกลือและพริกไทย



รูปที่ 6: เมื่อน้ำเกลือได้รับความร้อน: น้ำระเหยออกไป เหลือแต่ผลึกเกลือ



วงจรไฟฟ้า-หลอดไฟส่องสว่าง

สิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

ในบ้านทุกหลังจะต้องมีหลอดไฟ ซึ่งอาจแขวนห้อยลงมาจากเพดาน หรือเชื่อมต่อกับปลั๊กด้วยสายไฟ หลอดไฟมีประโยชน์อย่างไร เมื่อเปิดสวิตช์ทำไมหลอดไฟจึงสว่าง เกิดอะไรขึ้นเมื่อใช้หลอดขาด

ภาพรวมการทดลอง

สังเกตหลอดไฟอย่างถึถ้วนและต่อเข้ากับถ่านไฟฉาย เพื่อทำให้หลอดไฟสว่าง เด็กๆจะได้ต่อวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยหลอดไฟและสายไฟ 2 เส้น นอกจากนี้ยังได้ต่อวงจรไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีสายไฟเส้นยาวหลายเส้น

วัสดุอุปกรณ์

สำหรับการทดลองรวม

- คัตเตอร์หรือคีมลอกสายไฟ

สำหรับเด็กแต่ละคน

- แวนซ์ขาย
- หลอดไฟ (ขนาด 6 V 0.6 W E10)
- ฐานหลอดไฟ (E10)
- ถ่านไฟฉายชนิดแบน (ขนาด 4.5 V)
- สายไฟชนิดมีตัวหนีบปากจระเข้

สำหรับการทำการทดลองเพิ่มเติม

- สายไฟยาว 10 เมตร

(รูปที่ 1)



รูปที่ 1: วัสดุอุปกรณ์

รูปที่ 2: เมื่อใช้แว่นขยายส่องดู จะเห็นไส้หลอดชัดเจนขึ้น

รูปที่ 3: ระวังไฟฟ้าลัดวงจร!

แนวคิดหลักของการทดลอง

เมื่อต่อสายไฟ หลอดไฟ และถ่านไฟฉายครบวงจรจะทำให้ อิเล็กตรอนไหลจากขั้วลบของถ่านไฟฉายผ่านทางสายไฟไปยัง

หลอดไฟและวกกลับเข้าสู่ขั้วบวกของถ่านไฟฉาย การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านหลอดไฟ ทำให้หลอดไฟสว่าง

เริ่มต้นจาก

พูดคุยกับเด็กๆ เกี่ยวกับหลอดไฟ เช่น ทำไมต้องมีหลอดไฟ เราเปิดปิดหลอดไฟได้อย่างไร หลอดไฟได้รับพลังงานมาจากแหล่งใด ส่วนใดของหลอดไฟที่ส่องสว่าง

ลองสำรวจดูหลอดไฟหลายๆ แบบ ใช้แว่นขยายศึกษา รายละเอียดของชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก (เช่น ไส้หลอด) (รูปที่ 2) ถ้ามีหลอดไฟที่ไส้หลอดขาด ให้ถอดครอบแก้วออกโดยใช้

ผ้าช่วยหมุน แล้วใช้ค้อนเคาะแก้วเบาๆ และทิ้งเศษแก้วอย่างระมัดระวัง

คำเตือน: ห้ามนำหลอดไฟที่ขาดแล้วกลับมาใช้งานอีก แจกถ่านไฟฉายให้เด็กคนละ 1 ก้อน แล้วนำไปต่อกับหลอดไฟ ให้หลอดไฟสว่าง เมื่อสลับขั้วถ่านไฟฉายหลอดยังคงสว่างหรือไม่ เด็กๆรู้สึกถึงความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟหรือไม่

ทดลองต่อไป

หมุนหลอดไฟสวมเข้ากับฐานหลอด ซึ่งที่ด้านซ้ายและขวาของฐานจะมีขั้ว 2 ขั้วที่ใช้เชื่อมต่อกับขั้วของถ่านไฟฉาย เราจะต่อขั้วของฐานหลอดไฟเข้ากับขั้วของถ่านไฟฉายอย่างไร เพื่อให้หลอดไฟสว่าง การใช้ฐานหลอดไฟช่วยให้หลอดไฟสว่างได้ง่ายกว่าหรือไม่

แจกสายไฟชนิดมีตัวหนีบปากจระเข้ให้เด็กคนละ 2 เส้น อธิบายวิธีใช้ตัวหนีบปากจระเข้ ให้เด็กฝึกฝนการใช้ตัวหนีบปากจระเข้ โดยหนีบกับแผ่นกระดาษและถอดออกหลายๆ ครั้ง

ข้อเสนอแนะ: หลังจากเด็กได้รับวัสดุอุปกรณ์แล้ว จะต้องระวังไม่ให้เกิดการลัดวงจรขึ้น (เช่น ใช้สายไฟทั้ง 2 เส้น ต่อกับฐานหลอดไฟขั้วเดียวกัน) เพราะถ่านไฟฉายจะร้อนและคายประจุอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 3)

เชื่อมต่อสายไฟทั้ง 2 เส้นเข้ากับขั้วที่ฐานหลอดข้างละเส้น (รูปที่ 4) สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น

ข้อเสนอแนะ: การทดลองโดยใช้ถ่านไฟฉายนี้ไม่มีอันตราย แต่สามารถรับรู้ได้ว่ามีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น แต่ถ้าใช้กระแสไฟฟ้าแรงสูงอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ดังนั้น ห้ามทดลองเลียนแบบอุปกรณ์ต่างๆ กับปลั๊กไฟเป็นอันตราย

วงจรไฟฟ้า-หลอดไฟส่องสว่าง

เกิดอะไรขึ้น

สำหรับวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน ให้ต่อขั้วหนึ่งเข้ากับเกลียว และต่ออีกขั้วหนึ่งกับจุดสัมผัสด้านล่าง แม้จะสลับขั้ว แต่หลอดไฟก็ยังสว่างได้โดยที่ไส้หลอดไม่ขาด

เมื่อต่อสายไฟกับขั้วของถ่านไฟฉายและฐานหลอดไฟ หลอดไฟจะสว่างเช่นกัน ลองต่อสายไฟเป็นวงกลม ระวังอย่าให้สายไฟพันกัน เด็กๆ จะพบว่ากระแสไฟฟ้าไหลเป็นวง

คำแนะนำ

ให้เด็กช่วยกันทดลองหาคำตอบว่า กระแสไฟฟ้าสามารถเดินทางเป็นระยะทางไกลๆ ได้หรือไม่

ช่วยกันต่อวงจรไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ซับซ้อนขึ้นภายในห้อง ด้วยการต่อสายไฟชนิดมีดวหนึ่ปากจะระเห้หลายๆ เส้น สายไฟยาว 5 เมตร และหลอดไฟ 2 หลอดเข้าด้วยกัน (รูปที่ 5) ตรวจสอบดูว่าหลอดไฟสว่างหรือไม่ หากไม่สว่าง ให้ช่วยกันตรวจสอบจุดเชื่อมต่อทุกจุด ซึ่งอาจจะมีบางจุดที่ขั้วต่อหลวม

ทำไมเป็นเช่นนั้น

เมื่อต่อสายไฟกับขั้วของถ่านไฟฉายครบวงจร อิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวกของถ่านไฟฉายเสมอ จึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดไฟ เพราะหลอดไฟจะสว่างได้แม้ต่อสลับขั้ว เมื่อตัดวงจรไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะไหลไม่ครบวงจร หลอดไฟจึงดับ

ขั้วบวกและขั้วลบของถ่านไฟฉายมีความสำคัญต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า ขั้วลบจ่ายอิเล็กตรอนที่มีจำนวนมากกว่า และมีแรงดัน “สูง” ส่วนขั้วบวกที่ขาดอิเล็กตรอนจะ “คู่ด” อิเล็กตรอนไว้ “ฝ่ายหนึ่งให้ อีกฝ่ายหนึ่งรับ”

อิเล็กตรอนเดินทางได้เป็นระยะทางไกล แต่สายไฟที่ยาวก็ทำให้มีความต้านทานสูงขึ้นด้วย ค่าความต้านทานสูง

คำว่ากระแสไฟฟ้าไหลเป็นวงนี้ ไม่ได้หมายถึงวงกลมทางเรขาคณิต แต่หมายถึงการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมของอุปกรณ์ภายในวงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นระบบวงจรปิด มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่แหล่งจ่ายไฟ โดยกระแสไฟฟ้าไม่ถูกตัดขาด

เมื่อต่อสายไฟอีกเส้นจากแหล่งจ่ายไฟ จะเป็นการตัดวงจรไฟฟ้า หลอดไฟจึงไม่ติด

ให้สังเกตว่าความสว่างของหลอดไฟจะน้อยลงตามความยาวของสายไฟ และควรเลือกใช้ถ่านไฟฉายก้อนใหม่เสมอ

เกมช่างไฟ: สมมติให้เด็กคนหนึ่งหรือหลายคนเป็นช่างไฟ และออกไปคอยนอกห้อง เด็กที่เหลือช่วยกันทำให้วงจรไฟฟ้าเปิด (ขาด) จากนั้นเรียกช่างไฟฟ้าเข้ามาตรวจหาและซ่อมแซมจุดที่ถูกตัดขาด ถ้าแก้ไขได้สำเร็จ ช่างไฟฟ้าจะได้รับรางวัล

หมายถึง อิเล็กตรอนต้อง “ใช้ความพยายามมากขึ้นในการเดินทาง” จึงทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนในสายไฟ ณ เวลาหนึ่งน้อยลง กระแสไฟฟ้าจึงน้อยลง และความสว่างของหลอดไฟก็น้อยลง

ถ้ามีการต่อสายไฟลัดวงจรระหว่างฐานหลอดทั้งสอง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสายไฟแทนหลอดไฟ เนื่องจากสายไฟมีความต้านทานน้อยกว่าหลอดไฟ หลอดไฟจึงดับ การลัดวงจรคือทางลัดสำหรับอิเล็กตรอนนั่นเอง ซึ่งยิ่งมีความต้านทานน้อย กระแสไฟฟ้าก็ยิ่งไหลผ่านมาก ถ่านไฟฉายจึงร้อนและคายประจุเร็วขึ้น แต่เหตุการณ์นี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าต่อสายเข้ากับหลอดไฟ เราจึงเรียกหลอดไฟว่า “โหลด” เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่นำพลังงานไฟฟ้าไปใช้

รูปที่ 4: วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน

รูปที่ 5: การต่อวงจรไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ซับซ้อนขึ้น



นำหรือไม่นำไฟฟ้า! กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอะไรได้บ้าง

สิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

ทำไมเราสามารถจับสายไฟของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยไม่ถูกไฟฟ้าดูด สายไฟถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนซึ่งไฟฟ้าไหลผ่านไม่ได้ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านเฉพาะลวดโลหะที่อยู่ภายใน ซึ่งเราไม่ได้สัมผัส

หมายเหตุ: ห้ามจับสายไฟที่ชำรุด

ภาพรวมการทดลอง

สร้างวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยหลอดไฟและจุดตัดวงจร (สวิตช์เปิดปิดวงจร) ต่อบริเวณที่ถูกตัดด้วยวัสดุต่างๆ และตรวจสอบว่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้หรือไม่ หากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัสดุใดได้ หลอดไฟจะส่องสว่าง เราเรียกวัดวัสดุเหล่านี้ว่า **ตัวนำไฟฟ้า**

วัสดุอุปกรณ์

สำหรับการทดลองรวม

- ภาชนะขนาดใหญ่ 2 ใบ
- ปากกาเมจิก
- วัสดุที่เป็นโลหะ เช่น ช้อน ลวดเสียบ ตะปู เป็นต้น

สำหรับเด็กแต่ละคน

- หลอดไฟ (ขนาด 6 V 0.6 W E10)
- ฐานหลอดไฟ (E10)
- ถ่านไฟฉายชนิดแบน (ขนาด 4.5 V)
- สายไฟชนิดมีตัวหนีบปากจระเข้ 3 เส้น

สำหรับการทำการทดลองเพิ่มเติม

- แผ่นอะลูมิเนียม
- แก้วน้ำใส่น้ำ
- เกลือ
- ไลต์ดินสอ

(รูปที่ 1)



รูปที่ 1: วัสดุอุปกรณ์

รูปที่ 2: ช้อนโลหะนำไฟฟ้าได้

รูปที่ 3: วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบ

แนวคิดหลักของการทดลอง

วัสดุที่มีสมบัติให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ เรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า

ส่วนวัสดุที่ไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า

เริ่มต้นจาก

ทบทวนวิธีต่อวงจรไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยสายไฟชนิดมีตัวหนีบปากจระเข้ หลอดไฟพร้อมฐานหลอดไฟ และถ่านไฟฉาย

สร้างวงจรไฟฟ้า

ต่อสายไฟชนิดมีตัวหนีบปากจระเข้ทั้ง 3 สายเข้าไปในวงจรไฟฟ้า และตรวจสอบว่าหลอดไฟสว่างหรือไม่ จากนั้นดึงตัวหนีบที่จุดต่อระหว่างสายไฟ 2 สาย ดูว่าหลอดไฟสว่างหรือไม่

ข้อสรุป: หลอดไฟจะสว่างเมื่อเป็นวงจรปิดเท่านั้น กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอากาศไม่ได้ (ยกเว้นการเกิดประกายไฟและฟ้าแลบ) เมื่อเชื่อมต่อจุดต่อระหว่างตัวหนีบปากจระเข้ 2 ข้าง

ด้วยช้อนโลหะหรือวัสดุโลหะอื่นๆ ทำให้วงจรไฟฟ้าปิด หลอดไฟจะสว่างอีกครั้ง

วงจรไฟฟ้าปิด แสดงว่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านช้อนโลหะได้
(รูปที่ 2)

ข้อเสนอแนะ: หลังจากได้รับวัสดุอุปกรณ์แล้ว ต้องระวังไม่ให้เกิดการลัดวงจรขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ เพราะถ่านไฟฉายจะร้อนและคายประจุอย่างรวดเร็ว

อาจแบ่งเด็กเป็นกลุ่มๆ และให้ช่วยกันต่อวงจรไฟฟ้า จากนั้นทดสอบการนำไฟฟ้าของวัสดุที่เตรียมมาที่ละคน

ทดลองต่อไป

รวบรวมวัสดุเพื่อนำมาทดสอบ

รวบรวมวัสดุที่ต้องการนำมาทดสอบ (เช่น เทียนไข ยางลบไม้ และวัสดุโลหะอื่นๆ เช่น ส้อม กรรไกร แผ่นอะลูมิเนียม กุญแจ เป็นต้น) (รูปที่ 3)

ทดสอบการนำไฟฟ้า

เชื่อมต่อตัวหนีบปากจระเข้ทั้ง 2 อัน ด้วยวัสดุที่เตรียมมาที่ละอย่าง ถ้าหนีบกับผิวของวัสดุไม่ได้ ให้แตะตัวหนีบกับวัสดุเหล่านั้นแทน อาจสร้างปมสัมผัสสำหรับเปิดปิดวงจรไฟฟ้า โดยหนีบตัวหนีบกับเหรียญบาทที่ปลายสายไฟทั้ง 2 เส้น

เมื่อจะทดสอบการนำไฟฟ้าให้นำเหรียญทั้งสองมาสัมผัสกับผิวของวัสดุที่ต้องการทดสอบ

แยกประเภทวัสดุ

ทำป้ายกระดาษ 2 แผ่น ป้ายแรกวาดรูปหลอดไฟสีเหลือง (ไฟสว่าง) และอีกป้ายรูปหลอดไฟสีเทา (ไฟดับ) และนำไปติดข้างภาชนะแต่ละใบ จากนั้นช่วยกันแยกประเภทวัสดุแต่ละชิ้น ใส่ลงในภาชนะตามสมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุนั้น เปรียบเทียบสมบัติของวัสดุทั้งหมดที่นำมาทดสอบ



นำหรือไม่นำไฟฟ้า! กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอะไรได้บ้าง

เกิดอะไรขึ้น

หากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัสดุที่นำมาทดลองได้ แสดงว่า วงจรไฟฟ้านั้นปิด และหลอดไฟจะติดสว่าง

ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัสดุที่นำมาทดลองไม่ได้ แสดงว่า วงจรไฟฟ้านั้นถูกตัดขาด (วงจรเปิด) หลอดไฟจึงดับ

เราเรียกวัดสารที่นำไฟฟ้าได้ว่า **ตัวนำไฟฟ้า** จากการทดลอง แยกประเภทวัสดุ จะสังเกตเห็นว่า โลหะเป็นตัวนำไฟฟ้า

เราเรียกวัดสารที่ไม่นำไฟฟ้าว่า **ฉนวนไฟฟ้า**

คำแนะนำ

นอกจากนี้ยังทดสอบการนำไฟฟ้าของไส้ดินสอและน้ำเกลือได้ (**รูปที่ 4**) สารทั้ง 2 อย่างนี้นำไฟฟ้าได้ดีเช่นเดียวกับโลหะ

ในการทดสอบด้วยน้ำเกลือ ให้จุ่มอะลูมิเนียมฟอยล์พาดไว้ที่ปากภาชนะใส่น้ำเกลือ เนื่องจากแผ่นฟอยล์นำไฟฟ้าได้ จึงทำหน้าที่เหมือนสะพานเชื่อมระหว่างน้ำเกลือกับตัวหนีบ ตัวหนีบจะได้ไม่ขึ้นสนิม (การจุ่มตัวหนีบลงในน้ำเกลือจะทำให้ตัวหนีบขึ้นสนิม) แผ่นฟอยล์ทั้ง 2 แผ่นนี้จะต้องจุ่มลงไปในน้ำเกลือ และใช้ตัวหนีบปากจระเข้หนีบที่ปลายอีกด้านหนึ่ง (**รูปที่ 5**)

ข้อเสนอแนะ: น้ำประปาก็นำไฟฟ้าได้เช่นเดียวกัน ถ้าใช้กริ่งแทนหลอดไฟ เมื่อต่อวงจรเสร็จแล้วจะได้ยินเสียงกริ่งสั้นเบาๆ

ช่วงท้ายของการทดลอง ให้เด็กอภิปรายและตอบคำถามว่า ทำไมสายไฟจึงทำด้วยโลหะและหุ้มด้วยพลาสติก ทำไมฉนวนไฟฟ้าจึงมีความสำคัญพอๆ กับตัวนำไฟฟ้า เราใช้ประโยชน์จากกระแสไฟฟ้า แต่ก็ต้องป้องกันตัวเองจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าด้วย

เด็กๆ มีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับอันตรายที่จะเกิดขึ้นเมื่อหนูกัดสายไฟ และเหตุใดเราจึงไม่ควรจับสายไฟฟ้าที่ชำรุด

ทำไมเป็นเช่นนั้น

เราเรียกวัดสารที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ว่า **ตัวนำไฟฟ้า** เช่น โลหะ คาร์บอน (**รูปที่ 6**) น้ำเกลือ เงิน หรือทองแดง ในโลหะที่พบได้ทั่วไป

ทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด เพราะมีความต้านทานน้อยที่สุด เงินเป็นโลหะที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีมากเช่นเดียวกัน แต่เงินมีราคาแพงเราจึงนิยมใช้ทองแดงทำสายไฟ

เราเรียกวัดสารอื่นๆ ที่ไม่นำไฟฟ้าว่า **ฉนวนไฟฟ้า** ฉนวนมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง มีอิเล็กตรอนอิสระน้อยมาก เราจะห่อหุ้ม (สร้างฉนวน) ตัวนำไฟฟ้าด้วยวัสดุเหล่านี้

เพื่อป้องกันการถูกไฟฟ้าดูด โดยใช้ยางหรือพลาสติกหุ้มสายไฟ และใช้เซรามิกเป็นฉนวนในวงจรตัดไฟและเบ้าหลอดไฟ น้ำเกลื่อนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากประกอบด้วยไอออนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนได้ น้ำประปาธรรมดา ก็มีคุณสมบัติของเกลือ ดังนั้นถ้าทำไดร์เป่าผมที่เสียบปลั๊กไว้ตกลงไปในอ่างอาบน้ำ น้ำในอ่างจะมีกระแสไฟฟ้า

ของเหลวในร่างกายของเรา เช่น เลือด ก็มีเกลือเป็นส่วนประกอบเช่นเดียวกัน ร่างกายของเราจึงนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากเส้นประสาทของเราจะทำงานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าอ่อนๆ การถูกไฟฟ้าดูดจึงมีอันตรายมาก

รูปที่ 4: ทดสอบกับไส้ดินสอ (คาร์บอน) และน้ำเกลือ

รูปที่ 5: น้ำเป็นตัวนำไฟฟ้า

รูปที่ 6: คาร์บอนในรูปของแกรไฟต์ เป็นตัวนำไฟฟ้า



เปิดปิด! สวิตช์มีหน้าที่อะไร

สิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

เด็กๆ รู้สึกตื่นเต้นกับหลอดไฟและสวิตช์ เมื่อพวกเขา กดเปิดสวิตช์ หลอดไฟก็จะส่องสว่าง เมื่อกดอีกครั้งเพื่อปิดสวิตช์ หลอดไฟก็จะดับ หลังจากที่ได้ค้นพบหลักการนี้ พวกเขาจะทำซ้ำแล้วซ้ำอีก แล้วสวิตช์ที่อยู่ข้างผนังนั้นเชื่อมต่อกับหลอดไฟได้อย่างไร ทำไมหลอดไฟจึงติดสว่างเมื่อกดเปิดสวิตช์

ภาพรวมการทดลอง

สร้างวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยหลอดไฟและสวิตช์ พร้อมกับประดิษฐ์โคมไฟขนาดเล็ก

สามารถใช้สายไฟเส้นยาว และสวิตช์เปิดปิด ประกอบกันเป็นเครื่องส่งโทรเลขสำหรับส่งข้อความได้

วัสดุอุปกรณ์

สำหรับการทดลองรวม

- กระดาษลูกฟูก (ขนาด 80x80 เซนติเมตร)
- กระดาษแก้ว (ขนาด 80x80 เซนติเมตร)
- ที่เย็บกระดาษหรือกาว
- สายไฟเส้นยาว ยาวประมาณ 8 - 10 เมตร (ขึ้นอยู่กับขนาดห้อง) ที่ปอกปลายสายให้เรียบร้อย

สำหรับเด็กแต่ละคน

- กรรไกร
- ลวดเสียบกระดาษ
- หมุดยึด 2 ตัว
- ฐานหลอดไฟ (E10)
- ถ่านไฟฉายชนิดแบน (4.5 V)
- สายไฟชนิดมีตัวหนีบปากจระเข้ 3 เส้น

(รูปที่ 1)



รูปที่ 1: วัสดุอุปกรณ์



รูปที่ 2: ทำโคมไฟ



รูปที่ 3: ทำสวิตช์จากลวดเสียบกระดาษ

แนวคิดหลักของการทดลอง

สวิตช์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อหรือตัดวงจรไฟฟ้า การทำให้หลอดไฟสว่างเป็นการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าให้

กระแสไฟฟ้าครบวงจร การที่หลอดไฟดับเนื่องจากสวิตช์ไฟตัดการเชื่อมต่อของวงจร

เริ่มต้นจาก

ข้อเสนอแนะ: หลังจากได้รับวัสดุอุปกรณ์แล้ว จะต้องระวังไม่ให้เกิดการลัดวงจรขึ้น (เช่น ต่อสายไฟทั้ง 2 เส้นต่อเข้ากับฐานหลอดไฟขั้วเดียวกัน) เพราะถ่านไฟฉายจะร้อนและคายประจุอย่างรวดเร็ว

บททวนวิธีต่อวงจรไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยสายไฟชนิดมีตัวหนีบปากจระเข้ หลอดไฟพร้อมฐานหลอดไฟ และถ่านไฟฉาย

ตรวจสอบดูว่าหลอดไฟติดสว่างหรือไม่ ถ้าต้องการทำโคมไฟให้วาดรูปร่างกลมบนกระดาษแก้ว ตัดวงกลมออกมาและตัดเป็นเส้นตรงจากขอบไปยังจุดศูนย์กลาง (รูปที่ 2) แล้วม้วนกระดาษให้เป็นกรวย ยึดกระดาษด้วยกาวหรือลวดเย็บแล้วนำไปวางครอบหลอดไฟ ลองถามเด็กๆ ว่ายังขาดอุปกรณ์อื่นๆ อีกหรือไม่ (ขาดสวิตช์เพื่อความสะดวกในการเปิดปิดหลอดไฟ)

ทดลองต่อไป

ตัดกระดาษลูกฟูกเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 เซนติเมตร ตัดลวดเสียบกระดาษอย่างระมัดระวัง ถ้าลวดเสียบหักให้เปลี่ยนอันใหม่ จากนั้น ใช้หมุดยึดลวดเสียบกับกระดาษกล่อ่ง โดยให้เคลื่อนไปมาได้ และกดหมุดตัวที่ 2 ลงบนกระดาษกล่อ่งให้สัมผัสกับลวดเสียบ (รูปที่ 3) เพื่อเพิ่มความมั่นคง ให้บิดขาข้างหนึ่งของลวดเสียบ หรือใช้ที่เจาะกระดาษเจาะรู 2 รู เพื่อให้สามารถปักหมุดลงบนตำแหน่งที่ถูกต้องได้

จากนั้น ต่อสวิตช์เข้าไปในวงจรไฟฟ้า โดยใช้สายไฟชนิดตัวหนีบปากจระเข้อีกเส้น หนีบตัวหนีบกับขาหมุดหัวแบนที่ไม่ถูกบิดโค้ง (รูปที่ 4) ลองเลื่อนลวดเสียบไปมาให้แตะและไม่แตะกับหัวหมุด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

เปิดปิด! สวิตช์มีหน้าที่อะไร

เกิดอะไรขึ้น

การเคลื่อนลวดเสียบไปมาเป็นการปิดและเปิดสวิตช์ หลอดไฟจึงติดสว่างและดับ (รูปที่ 5)

คำแนะนำ

สามารถทำสวิตช์ได้โดยการบิดลวดเสียบขึ้นด้านบนเล็กน้อย เพื่อให้มีการสัมผัสเฉพาะด้านบนเท่านั้น สวิตช์แบบนี้เหมาะสำหรับการส่งรหัสผ่านทางเครื่องรับส่งโทรเลข

เราสามารถสร้างสวิตช์แบบกดหรือเลื่อนได้จากตัวนำไฟฟ้าหลายชนิด (รูปที่ 6) ร่วมกันศึกษาและแสดงความคิดเห็น

การสร้างเครื่องรับส่งโทรเลข

สร้างวงจรไฟฟ้าขนาดใหญ่ด้วยถ่านไฟฉายและหลอดไฟที่ติดอยู่คนละฝั่งห้อง โดยการนำสายไฟชนิดมีตัวเหน็บและสายไฟเส้นยาวมาต่อกันให้เป็นสายยาว จากนั้นประกอบสวิตช์กดปิดเปิดและถ่านไฟฉายเข้ากับวงจรไฟฟ้า

เราสามารถประยุกต์ใช้วงจรนี้เป็นโทรเลขได้ โดยให้เด็กในกลุ่มแรกนั่งอยู่ในจุดที่เป็นสวิตช์ (บ้านหลังที่ 1) จากนั้นให้เด็กกดสวิตช์เพื่อส่งข้อความให้เด็กอีกกลุ่มซึ่งนั่งอยู่ในจุดที่

เป็นหลอดไฟ (บ้านหลังที่ 2) โดยต้องกำหนดความหมายของสัญญาณแสง (รหัสมอร์ส) ก่อน

ตัวอย่าง:

แสงสว่างสั้น 2 ครั้ง: เด็กทุกคนในบ้านหลังที่ 2 เข้านอน ยกเว้นผู้ดูแลเครื่องรับส่งโทรเลข

แสงสว่างยาว 1 ครั้ง: ตื่นนอน โดยให้ผู้ดูแลเครื่องรับส่งโทรเลขปลุกทุกคนให้ตื่น

แสงสว่างสั้น 3 ครั้ง: สลับบ้านกัน

บ้านตุ๊กตาส่องสว่าง

ถ้าหากมีบ้านตุ๊กตาในห้อง เด็กๆ สามารถช่วยกันสร้างวงจรส่องสว่างพร้อมกับสวิตช์เปิดปิดให้กับบ้านตุ๊กตาได้ อาจจัดหาสวิตช์ที่ได้มาตรฐานมาใช้

ทำไมเป็นเช่นนั้น

สวิตช์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้า สวิตช์จะตัดการเชื่อมต่อระหว่างขั้วลบและขั้วบวก ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหล การติดตั้งสวิตช์ จะติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งใดของวงจรก็ได้

สวิตช์แบบกดปิดเปิด (รหัสมอร์ส) ช่วยเพิ่มความเร็วในการปิดเปิดตามที่ต้องการ สำหรับการส่งโทรเลข จะส่งข้อความไปในระยะไกล แต่ต่างกับการโทรศัพท์ เพราะการส่งโทรเลขไม่มีการพูดกัน ตัวอักษรแต่ละตัวจะถูกตั้งรหัสก่อนส่ง การส่งทำได้เพียงทิศทางเดียว แตกต่างจากการโทรศัพท์

รหัสมอร์สเป็นการสื่อสารด้วยการส่งสัญญาณที่มีความยาวแตกต่างกันสลับกับช่องว่าง โดยสัญญาณอาจจะเป็นเสียงหรือแสงก็ได้ ตัวอักษรและตัวเลขทุกตัวจะมีรูปแบบรหัสที่แตกต่างกัน หมายเลขฉุกเฉินสากล SOS ใช้รหัสมอร์สสั้น 3 ยาว 3 (•••---•••)

รูปที่ 4: ต่อสวิตช์เข้ากับวงจรไฟฟ้า

รูปที่ 5: ปิดและเปิดวงจรไฟฟ้าด้วยการเคลื่อนลวดเสียบไปมา

รูปที่ 6: สวิตช์ทำจากวัสดุต่างๆ