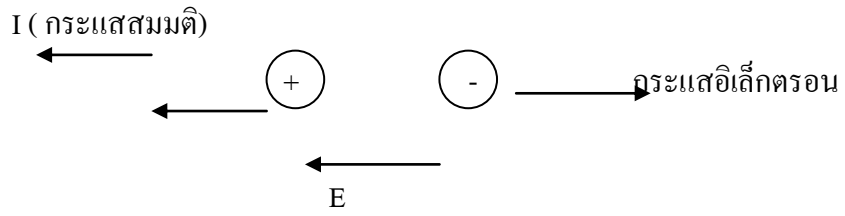
รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม	**ใบความรู้ 5**	**ผลการเรียนรู้ที่ 7**
รหัสวิชา ว33201 ระดับชั้น ม. 6		**ใช้ประกอบแผนจัดการเรียนรู้ที่ 5**
การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าผ่านตัวกลาง		

จากบทเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต เป็นการศึกษาเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าที่อยู่นิ่ง ส่วนประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่แล้วจะเป็นไฟฟ้ากระแส

ดังนั้น ไฟฟ้ากระแสคืออะไร

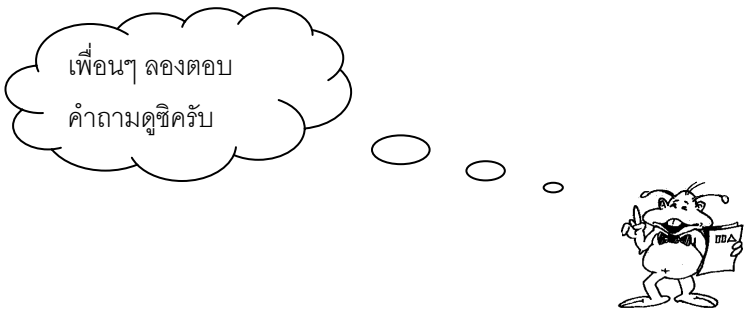
กระแสไฟฟ้า (Electric current) I

คือ อัตราการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าไหลจากที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง ไปยังที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ มีทิศตามการเคลื่อนที่ของประจุบวก หรือ ทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของประจุลบ



<u>หมายเหตุ</u> กระแสไฟฟ้าที่เรียนกันอยู่เป็น **" กระแสสมมติ " (I)**

ส่วน **กระแสอิเล็กตรอน เป็นกระแสไฟฟ้าแท้จริง** เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจากศักย์ไฟฟ้าต่ำไปหาศักย์ไฟฟ้าสูง



คำถาม

1. ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบมีการเคลื่อนที่อย่างไร
2. กระแสไฟฟ้ามีทิศการเคลื่อนที่ตามประจุไฟฟ้าชนิดใด

1. ประจุไฟฟ้าบวก
เคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่บริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ
ประจุไฟฟ้าลบ
เคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำไปสู่บริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง
2. กระแสไฟฟ้ามีทิศตามประจุบวก

ถ้าเรานำตัวนำที่มีประจุและมีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน มาวางติดกัน หรือใช้ลวดโลหะตัวนำเชื่อมต่อกัน ตัวนำที่มีประจุทั้งสองก็จะเกิดการถ่ายเทประจุระหว่างตัวนำทั้งสองผ่านลวดโลหะตัวนำ เรากล่าวว่ามี **กระแสไฟฟ้า** ในลวดตัวนำนั้น จนกระทั่งศักย์ไฟฟ้าบนตัวนำทั้งสองเท่ากัน ประจุหยุดถ่ายเท กระแสไฟฟ้าก็หมดไป

ถ้าต้องการให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำนั้นอย่างต่อเนื่อง จะทำอย่างไร

ถ้าต้องการให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำนั้นอย่างต่อเนื่องต้องใช้ **แหล่งกำเนิดไฟฟ้า**

แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Source of eletromotive force)

คือ แหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำอยู่ตลอดเวลา เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

1. เซลล์ไฟฟ้าเคมี (eletrochemical)

ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าบวก ขั้วไฟฟ้าลบ และสารเคมีภายในเซลล์ เซลล์ไฟฟ้าเคมี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1.1 เซลล์ไฟฟ้าปฐมภูมิ (primary cell)

เช่น เซลล์แห้ง หรือถ่านไฟฉาย เมื่อสารเคมีถูกใช้หมดแล้วจะไม่สามารถนำมาอัดไฟได้อีก

ส่วนประกอบของถ่านไฟฉายทั่วไป

ขั้วลบ	สังกะสี
ขั้วบวก	แท่งคาร์บอน
ของผสม	มังกานีสไดออกไซด์ และแอมโมเนียคลอไรด์ ลักษณะเปียกเป็นผงถ่าน ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า ประมาณ 1.5 โวลต์

1.2 เซลล์ทุติยภูมิ (secondary cell)

เช่น พวกแบตเตอรี่รถยนต์ เมื่อสารเคมีถูกใช้หมดแล้ว สามารถนำมาอัดไฟใหม่ได้

ส่วนประกอบของแบตเตอรี่รถยนต์

ขั้วลบ แผ่นตะกั่วพรุน

ขั้วบวก แผ่นตะกั่วเปอร์ออกไซด์

สารละลาย กรดกำมะถันและน้ำกลั่น

ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า เซลล์ละ 2 โวลต์

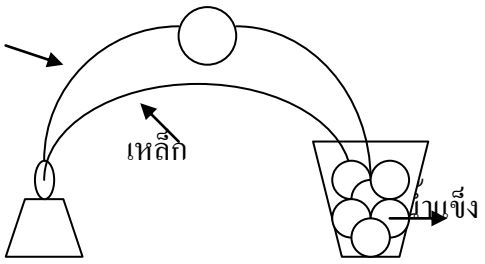
หมายเหตุ อาจใช้นิเกิล แคดเมียม แทนตะกั่ว

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator)

เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการ เหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

3. คู่ควบความร้อน (thermocouple)

ประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด ซึ่งโลหะหนึ่งพร้อมที่จะให้อิเล็กตรอนอิสระมากกว่าอีกโลหะหนึ่ง



ความต่างอุณหภูมิระหว่างรอยต่อ ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างโลหะ ทั้งสอง

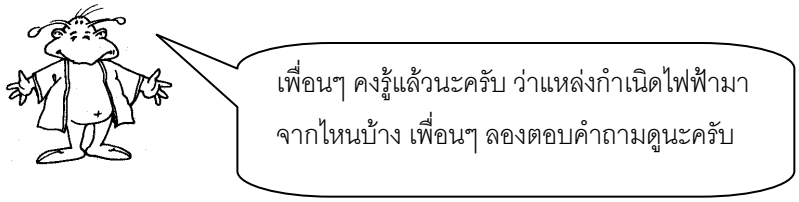
4. เซลล์สุริยะ (solar cell)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยคุณสมบัติความไวแสงของโลหะกึ่งตัวนำ

5. แหล่งกำเนิดจากสิ่งมีชีวิต

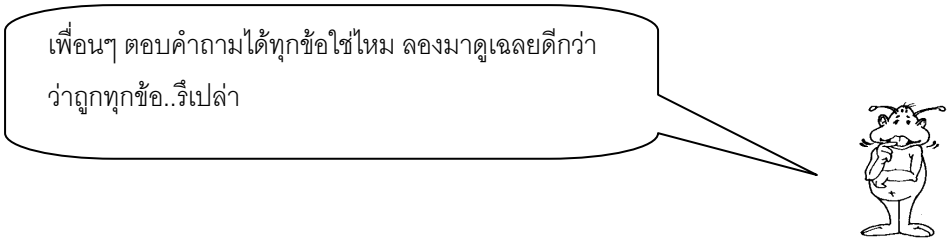
เช่น ปลาไหลไฟฟ้า สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เมื่อมีนตกใจต่อศัตรู โดยมีเซลล์พิเศษสามารถทำให้เกิดความต่างศักย์ ระหว่างหัวกับหางของมัน

นักวิทยาศาสตร์ยังพบว่ามีความต่างศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นในสัตว์อื่นๆอีกรวมทั้งในร่างกายของมนุษย์ด้วย เช่น ที่แขนและขา จะพบว่ามีความต่างศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นทุกครั้งที่หัวใจเต้น จากความรู้นี้ได้ถูกนำมาพัฒนาสร้างเครื่องช่วยตรวจหัวใจที่เรียกว่า **อิเล็กโทรคาร์ดิโอกราฟ** ซึ่งช่วยให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคหัวใจได้อย่างถูกต้อง



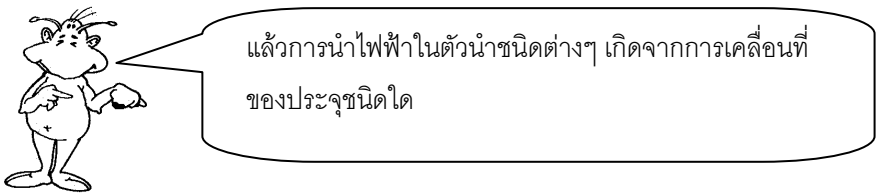
คำถาม

1. เซลล์ไฟฟ้าชนิดใด ใช้แล้วไม่สามารถนำมาใช้ได้อีก
2. แบตเตอรี่รถยนต์เป็นเซลล์ไฟฟ้าประเภทใด
3. ไดนาโม เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานอะไร
4. เซลล์สุริยะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับ
5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นไฟฟ้าชนิดใด
6. หัวปลาไหลไฟฟ้ามีศักย์ไฟฟ้าชนิดใด
7. เครื่องมือที่ใช้ความรู้จากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าในสิ่งมีชีวิตเรียกว่าอะไร



1. เซลล์ไฟฟ้าปฐมภูมิ
2. เซลล์ไฟฟ้าทุติยภูมิ
3. เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
4. ไฟฟ้ากระแสตรง
5. ไฟฟ้ากระแสสลับ
6. หัวปลาไหลไฟฟ้า เป็นศักย์ไฟฟ้าบวก
   หางปลาไหลไฟฟ้า เป็นศักย์ไฟฟ้าลบ
7. อิเล็กโทรคาร์ดิโอกราฟ

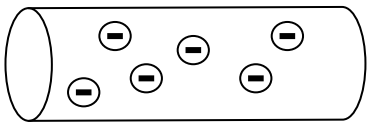
กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ใน ตัวกลางหลายๆ ชนิด และเรียกสมบัติของตัวกลางที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านได้ว่า **ตัวนำไฟฟ้า** ขณะที่มีกระแสไฟฟ้าในตัวนำ เรากล่าวว่า **มีการนำไฟฟ้า**



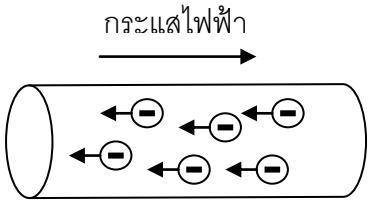
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวกลาง เรียกว่า มีการนำไฟฟ้าในตัวกลาง

1. การนำไฟฟ้าในโลหะ

เป็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งจะเคลื่อนที่แบบบราวน์ตลอดเวลา ความเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอนอิสระทุกตัวเท่ากับศูนย์ เนื่องจากการเคลื่อนที่มีทิศทางไม่แน่นอน แต่ถ้าปลายทั้งสองของโลหะมีศักย์ไฟฟ้าต่างกันจะเกิดสนามไฟฟ้าในแท่งโลหะ แรงจากสนามไฟฟ้าทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่แบบลอยเลื่อน ซึ่งจะเคลื่อนที่เป็นระเบียบในทิศทางเดียวกัน และเป็นไปตามกฎของโอหม์



ลักษณะการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในแท่งโลหะ



ลักษณะการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแท่งโลหะ เมื่อปลายทั้งสองมีความต่างศักย์

เพื่อนๆ คงทราบแล้วว่า**กระแสไฟฟ้าในโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ**

คำถาม

1. การนำไฟฟ้าในโลหะเป็นการเคลื่อนที่ของประจุอะไร
2. อิเล็กตรอนอิสระมีการเคลื่อนที่แบบใด
3. ความเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอนอิสระมีค่าเท่าใด

แล้วเพื่อนๆ ทราบหรือไม่ว่าอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ในอากาศได้

1. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ
2. การเคลื่อนที่แบบบราวน์
3. ศูนย์

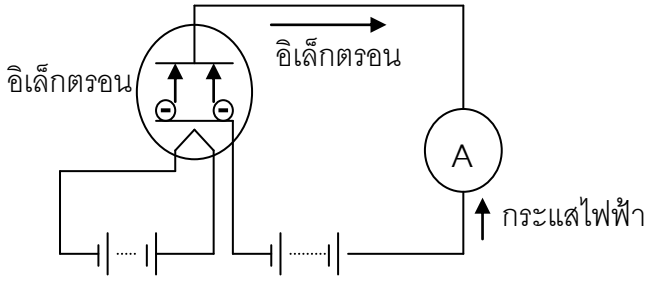
ไม่ได้ เพราะ อากาศไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า

2. การนำไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศ

หลอดสุญญากาศ เป็นหลอดแก้วซึ่งสูบอากาศภายในออกเกือบหมด มีขั้วสำหรับให้อิเล็กตรอน เรียกว่า แคโทด (Cathode) ขั้วสำหรับรับอิเล็กตรอน เรียกว่า แอโนด (Anode)

การทำให้ศักย์ไฟฟ้าของแอโนดสูงกว่าแคโทด อิเล็กตรอนก็จะถูกเร่งจากแคโทดผ่านบริเวณสุญญากาศมายังแอโนดจึงมีกระแสไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศ เรียกหลอดสุญญากาศนี้ว่า หลอดไดโอด (diode tube)

ดังนั้น **กระแสไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน**



รูปหลอดไดโอด และวงจร

การทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากแคโทของหลอดสุญญากาศนอกจากใช้ความร้อนแล้วยังอาจทำได้โดยใช้โลหะบางชนิด ซึ่งมีสมบัติเมื่อได้รับแสงจะให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา เรียกหลอดสุญญากาศที่ทำงานอาศัยหลักการนี้ว่า **หลอดโฟโตอิเล็กทริก** (photoelectric tube)

คำถาม

1. การเหนี่ยวนำไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศเกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคใด
2. ขั้วแคโทด , แอโนด ในหลอดสุญญากาศทำหน้าที่อะไร
3. ถ้าทำให้แคโทดมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแอโนดจะมีผลอย่างไร

1. อิเล็กตรอน
2. ขั้วแคโทด ทำหน้าที่ เป็นขั้วไฟฟ้าที่ให้อิเล็กตรอน
   ขั้วแอโนด ทำหน้าที่ เป็นขั้วไฟฟ้าที่รับอิเล็กตรอน
3. จะไม่มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแคโทดไปแอโนดเลย

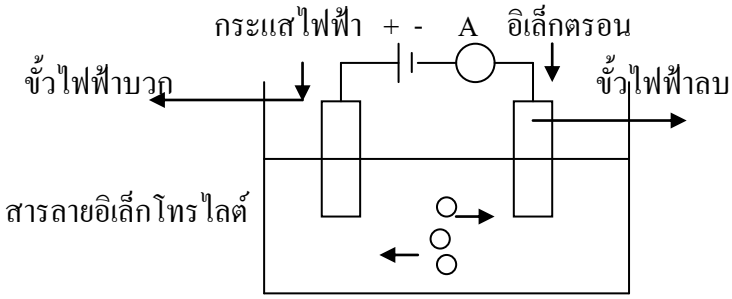
การนำไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์

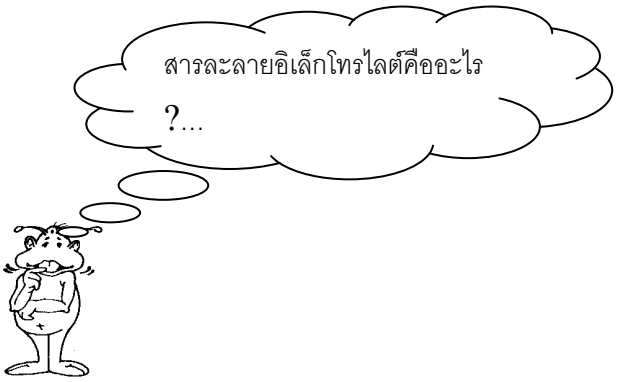
เมื่อจุ่มแท่งโลหะ 2 แท่ง ที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยต่อเข้ากับขั้วแบตเตอรี่ลงไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำให้สารละลายแตกตัวเป็นไอออน โดย

ไอออนบวก เคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าลบ

ไอออนลบ เคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าบวก

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์จึงเกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบ





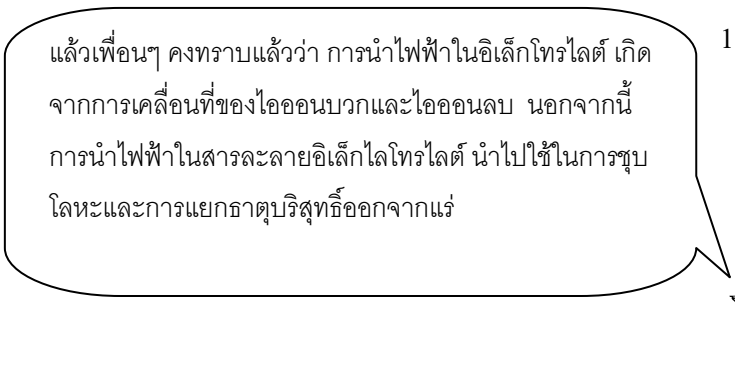
สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นสารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้ ซึ่งอาจเป็นสารละลายของ กรด เบส หรือเกลือ เช่น สารละลายกรดกำมะถัน ฯลฯ

ประโยชน์

1. การชุบโลหะ
2. การแยกธาตุบริสุทธิ์ออกจากแร่

คำถาม

1. การนำไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์เกิดจากอะไร
2. ไอออนบวกและไอออนลบมีการเคลื่อนที่อย่างไร
3. การนำไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์มีประโยชน์อย่างไรบ้าง

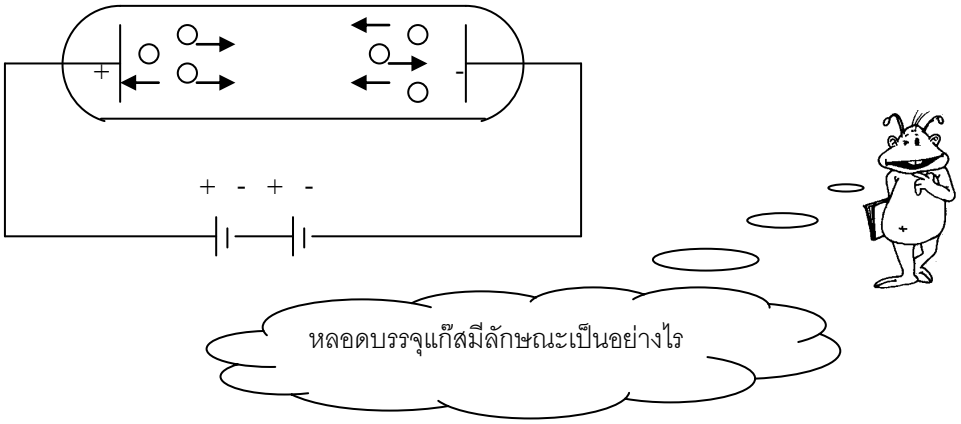


1. การเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบ
2. ไอออนบวก เคลื่อนที่ไปยังขั้วลบ
   ไอออนลบ เคลื่อนที่ไปยังขั้วบวก
3. 1. การชุบโลหะ
   2.การแยกธาตุบริสุทธิ์ออกจากแร่

การนำไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊ส

การทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วหลอดทั้งสองสูงเพียงพอ จะทำให้โมเลกุลของแก๊สแตกตัวเป็นไอออนบวกและอิเล็กตรอนอิสระ แล้วเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้า เช่น หลอดโฆษณา

ดังนั้น **กระแสไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊สจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและไอออนบวก**



หลอดบรรจุแก๊ส เป็นหลอดแก้วซึ่งสูบอากาศและบรรจุแก๊สบางชนิด เช่น ไฮโดรเจน นีออน อาร์กอน หรือไอปรอท ลงไปเล็กน้อย ความดันของแก๊สในหลอดแก้วต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ที่ปลายทั้งสองของหลอดมีขั้วไฟฟ้า

คำถาม

การนำไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊สเกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคอะไร

เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ และไอออนบวก

การนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

สนามไฟฟ้าที่มีความเข้มมากพอผ่านเข้าไป จะทำให้อิเล็กตรอนบางตัวในพันธะหลุดออกมากลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ และเกิดที่ว่าง เรียกว่า โฮล โฮลจะมีพฤติกรรมคล้ายอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าที่กระต่ออิเล็กตรอนอิสระและโฮล จะมีทิศทางตรงข้าม ทำให้อิเล็กตรอนอิสระและโฮลเคลื่อนที่ โดยอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามสนามไฟฟ้าส่วนโฮลเคลื่อนที่ในทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า

ดังนั้น **การนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮล**

สารกึ่งตัวนำคือ

สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)

เป็นสารที่มีสมบัติทางไฟฟ้าระหว่างตัวนำและฉนวน เช่น ซิลิคอน เยอรมาเนียม มี 2 ชนิด

1. **สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P –Type)**
   เกิดจากการเอาสารเยอรมาเนียมบริสุทธิ์ผสมกับธาตุโบรอน มีประจุเป็นบวก
2. **สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N – Tpye)**
   เกิดจากการเอาสารเยอรมาเนียมบริสุทธิ์ผสมกับสารหนู เป็นอิเล็กตรอนอิสระ

คำถาม

1. การนำกระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอะไร
2. ที่ว่างในสารกึ่งตัวนำเรียกว่าอะไร
3. สารกึ่งตัวนำชนิดพี เป็นประจุอะไร
4. สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เป็นประจุอะไร

และแล้วเพื่อนๆ ก็ศึกษา การนำไฟฟ้าในตัวนำชนิดต่างๆ จบแล้ว เพื่อนทดสอบความเข้าใจเพื่อนๆ ลองทำแบบทดสอบหลังเรียนดูนะครับ

1. เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮล
2. โฮล
3. ประจุบวก (โฮล)
4. อิเล็กตรอนอิสระ

ขนาดของกระแสไฟฟ้าในตัวกลางใด เท่ากับปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผ่านพื้นที่ภาคตัดขวางของตัวกลางในหนึ่งหน่วยเวลา

จากนิยาม $$I = \frac{Q}{t}$$

Q = ปริมาณของประจุ หน่วย คูลอมบ์ (C)

I = กระแสไฟฟ้า หน่วย แอมแปร์ (A)

t = เวลา หน่วย วินาที (s)

ตัวอย่างที่ 1 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในลวดทองแดง 6,000 ไมโครคูลอมบ์ ใน 1 นาที

วิธีทำ จากโจทย์ Q = 6,000 ไมโครคูลอมบ์ = $6,000 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์

t = 1 นาที = 1 x 60 วินาที

จากสมการ $I = \frac{Q}{t} = \frac{6000 \times 10^{-6}}{60} = 1 \times 10^{-4}$ A

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดทองแดงมีค่าเท่ากับ 1×10^{-4} A

มันไม่ยากเลยใช่ไหมครับ ดังนั้น เพื่อนๆ ตอบคำถามเลยนะครับ

คำถาม

1. กระแสไฟฟ้ามีทิศเดียวกับปริมาณอะไรบ้าง
2. ทิศของสนามไฟฟ้ามีความสัมพันธ์อย่างไรกับทิศของอิเล็กตรอน
3. ประจุบวกมีทิศเดียวกับปริมาณอะไร
4. กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นอะไร
5. กระแสไฟฟ้าขนาดคงที่ 2 แอมแปร์ ไหลผ่านลวดตัวนำ 10 วินาที จงหาปริมาณประจุทั้งหมดที่ไหลผ่านลวดตัวนำ

ก. 5 คูลอมบ์ ข. 20 คูลอมบ์ ค. 100 คูลอมบ์

6. ตัวนำไฟฟ้าหนึ่งมีประจุ 3.2 คูลอมบ์ เคลื่อนที่จากแคโทดไปยังแอโนด ในเวลา 4 วินาที จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำนี้เท่าใด

ก. 0.8 แอมแปร์ ข. 1.25 แอมแปร์ ค. 12.8 แอมแปร์

ทำถูกทุกข้อใช่ไหมคะ ปรบมือให้กับตัวเองด้วยคะ

1. กระแสไฟฟ้ามีทิศเดียวกับสนามไฟฟ้าและประจุบวก
2. ทิศของสนามไฟฟ้ามีทิศตรงข้ามกับทิศของอิเล็กตรอน
3. ทิศของกระแสไฟฟ้า I และ ทิศของสนามไฟฟ้า E
4. แอมแปร์ (A) หรือ คูลอมบ์/วินาที
5. ข.
6. ก.