

บทที่ 14 ไฟฟ้ากระแส

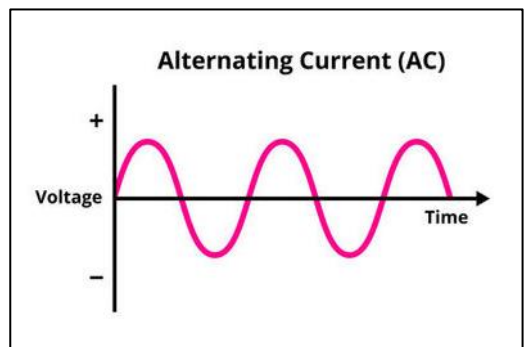
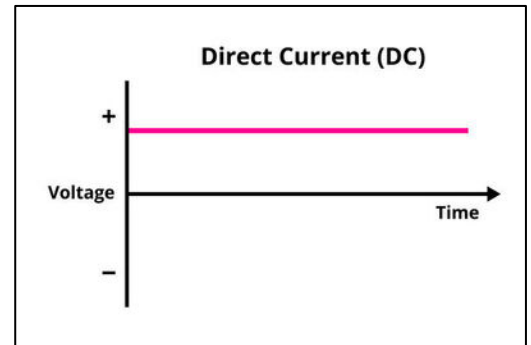
 ไฟฟ้ากระแส คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากการไหลของประจุไฟฟ้าภายในตัวนำไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง
ไฟฟ้ากระแสแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current หรือ D.C.)

คือ กระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางในการเคลื่อนที่เป็นวงจรไปในทิศทางเดียวกัน โดยไหลจากขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้วกลับเข้าไปยังขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าอีกครั้ง

2) ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current หรือ A.C.)

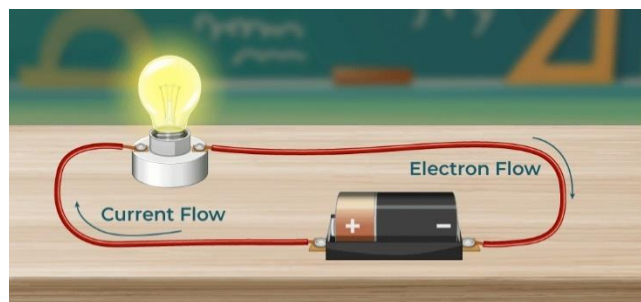
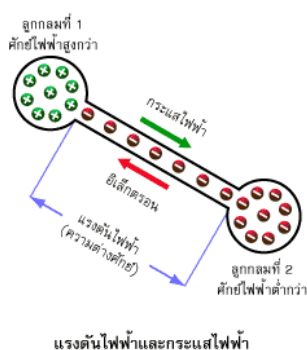
คือ กระแสไฟฟ้าที่จะไหลเริ่มต้นจากศูนย์ แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงบนสุด แล้วจะค่อย ๆ ลดลงมาเป็นศูนย์ ต่อจากนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดต่ำสุด แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงศูนย์ ตามเดิมอีกครั้งเป็นดังนี้ เรื่อย ๆ ไป การที่กระแสไฟฟ้าไหลเวียนครบ 1 รอบ (Cycle) เรียกว่า 1 ลูกคลื่น กระแสไฟฟ้าสลับในเมืองไทยใช้ไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ซึ่งหมายถึง จำนวนลูกคลื่นไฟฟ้าสลับที่เปลี่ยนแปลง 50 รอบ ในเวลา 1 วินาที



1. กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

กระแสไฟฟ้า เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเมื่อมีความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดในตัวนำนั้น ๆ โดยประจุไฟฟ้านี้ อาจเป็นประจุบวก ประจุลบ หรือทั้งสองชนิดก็ได้

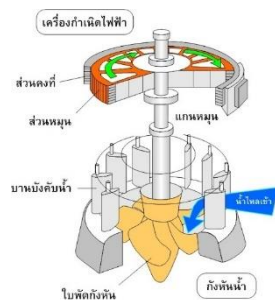
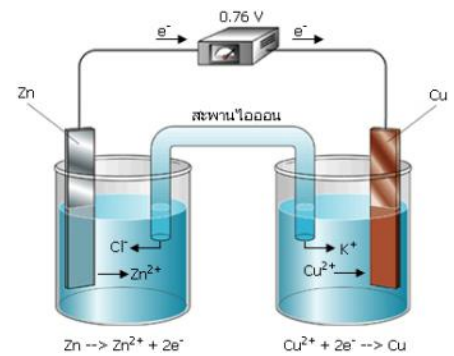
ในตัวนำโลหะ กระแสไฟฟ้าจะมีทิศการไหลตรงข้ามกับทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนอิสระ เมื่ออิเล็กตรอนอิสระอยู่ในสนามไฟฟ้าจะถูกแรงไฟฟ้ากระทำให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน



แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า เป็นแหล่งที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองข้างของขั้วตัวนำ ตัวอย่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ได้แก่

1) กระแสไฟฟ้าที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี เช่น เซลล์ไฟฟ้าเคมี เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- เซลล์ปฐมภูมิ เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เมื่อไฟหมดเซลล์จะเสื่อมสภาพไป อัดไฟใหม่อีกไม่ได้ ได้แก่ ถ่านไฟฉาย
- เซลล์ทุติยภูมิ เป็นเซลล์ที่สร้างเสร็จจึงจ่ายไฟฟ้าไม่ได้ ต้องประจุไฟเก็บไว้ก่อนจึงจ่ายไฟได้ หม้อสะสมไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่



2) กระแสไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานกล

กระแสไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานกล คือ จากไดนาโม อาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสองของขดลวดซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก และขดลวดหมุนได้เพราะมีพลังงานจากแหล่งต่างๆ เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานจากไอน้ำ ซึ่งจะให้การหมุนใบพัด แล้วส่งต่อพลังงานไปหมุนแกนของไดนาโม



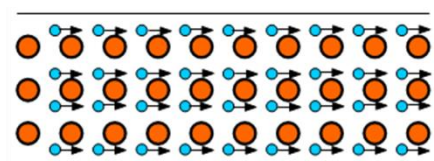
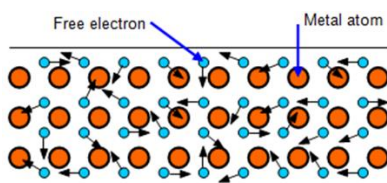
1.1 การนำไฟฟ้า

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวกลาง เราเรียกตัวกลางนั้นว่า ตัวนำไฟฟ้า การนำไฟฟ้าในตัวนำต่าง เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ไอออนบวก ไอออนลบ และโฮล (Hole)

เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ในตัวกลางหลายๆชนิด เรียกสมบัติของตัวกลางที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านได้ว่า “ตัวนำไฟฟ้า” ขณะที่มีการนำไฟฟ้าในตัวนำแสดงว่า “มีการนำไฟฟ้า”

- การนำกระแสไฟฟ้าในโลหะ

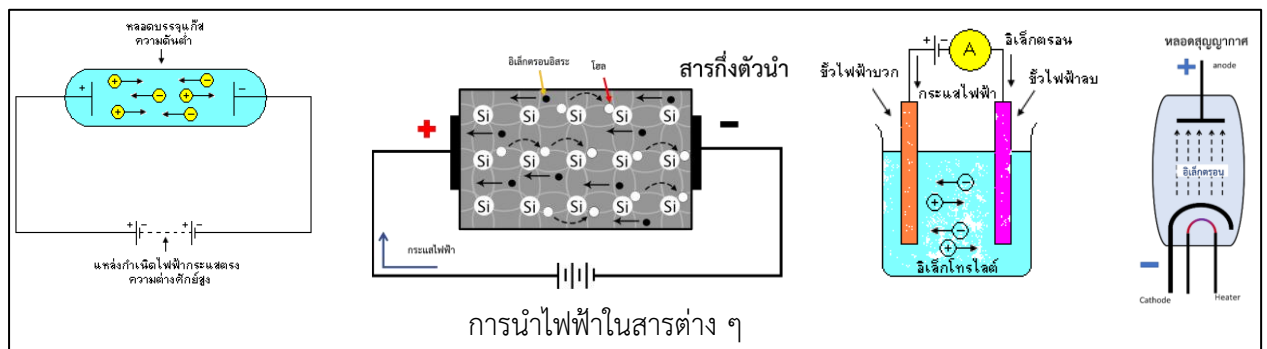
โลหะทุกชนิดเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เนื่องจากมี “อิเล็กตรอนอิสระ” (Free electron) โดยอิเล็กตรอนเหล่านี้จะเคลื่อนที่โดยเสรีไม่เป็นระเบียบ ไม่มีทิศทางแน่นอน เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบ Brownian ดังนั้นความเร็วเฉลี่ย ($\bar{v}_{av}$) ของอิเล็กตรอนอิสระทุกตัวจึงเป็นศูนย์ แต่เมื่อทำให้ปลายทั้งสองของแท่งโลหะมีความต่างศักย์ไฟฟ้า เช่น ต่อไว้กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าภายในแท่งโลหะ แรงจากสนามไฟฟ้า จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบ โดยมีความเร็วเฉลี่ยไม่เป็นศูนย์ เรียกว่า ความเร็วลอยเลื่อน (drift velocity) ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในแท่งโลหะ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าในโลหะจึงเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ



ลักษณะการเคลื่อนที่ของ
อิเล็กตรอนอิสระในแท่งโลหะ

ลักษณะการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแท่งโลหะ
เมื่อปลายทั้งสองมีความต่างศักย์

- **การนำกระแสไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศ*** กระแสไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน
- **การนำกระแสไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์** กระแสไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวก (ไอออนบวก) และประจุไฟฟ้าลบ (ไอออนลบ)
- **การนำกระแสไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊ส** กระแสไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊ส จะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและไอออนบวก
- **การนำกระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ** การนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮล



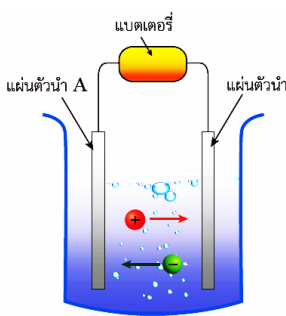
* ทำไม "สุญญากาศ" ถึงมีแค่อิเล็กตรอน?

- **เหตุผล:** คำว่า "สุญญากาศ" แปลว่า **ไม่มีสสาร** (หรือมีน้อยมาก) ดังนั้นในตัวมันเองจึงไม่มีประจุไฟฟ้าใดๆ ให้เคลื่อนที่ได้เลย
- **กลไก:** การจะเกิดกระแสได้ เราต้อง "ยิง" ประจุเข้าไปเอง (เช่น จากไส้หลอดที่ร้อนจัดในหลอดภาพทีวีเก่า) ซึ่งอนุภาคที่หลุดออกมาได้ง่ายที่สุดและเบาที่สุดคือ **อิเล็กตรอน**
- **สรุป:** เพราะไม่มีเนื้อสาร จึงมีแค่สิ่งที่ถูกปล่อยออกมาจากขั้ว (Cathode) เท่านั้น



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ

- อะไรเป็นสาเหตุทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า
 - ความต้านทานไฟฟ้า
 - ความต่างศักย์ไฟฟ้า
 - ความจุไฟฟ้า
 - สนามแม่เหล็ก
 - พลังงานความร้อน
- กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอะไร
 - โปรตอน
 - นิวตรอน
 - นิวเคลียส
 - อิเล็กตรอนอิสระ
 - ไอออนบวก
- จากรูปการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกและลบใน สารละลายนำไฟฟ้าที่ต่อกับแบตเตอรี่ด้วยสายไฟให้ตอบคำถามต่อไปนี้



แผ่นตัวนำใดมีศักย์ไฟฟ้าสูง

.....

กระแสไฟฟ้าในสารละลายมีทิศทางอย่างไร

.....

อิเล็กตรอนอิสระในสายไฟมีทิศทางจากสายไฟที่ต่อกับแผ่นตัวนำใดไปแผ่นตัวนำใด

.....

1.2 กระแสไฟฟ้าในตัวนำ

ปริมาณของกระแสไฟฟ้า วัดได้ด้วย ปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผ่านพื้นที่ภาคตัดขวางของตัวนำไปในเวลา 1 วินาที
 ดังสมการ

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Ne}{t}$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
 Q คือ ปริมาณประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)
 N คือ จำนวนตัวของอิเล็กตรอน
 e คือ ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน $= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

หน่วยของกระแสไฟฟ้า คือ *คูลอมบ์ต่อวินาที* หรือ *แอมแปร์ (A)*

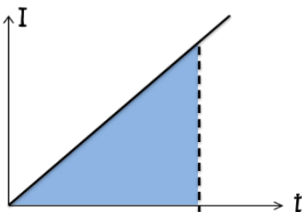
กระแสไฟฟ้าในโลหะตัวนำ

$$I = \frac{Q}{t} = nevA$$

เมื่อ n คือ จำนวนอิเล็กตรอนอิสระในปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร
 v คือ ความเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอน หน่วยเป็น m/s
 A คือ พื้นที่ภาคตัดขวาง หน่วยเป็นตารางเมตร หรือ m^2

พื้นที่ใต้กราฟ กระแสไฟฟ้าและเวลา

เมื่อเขียนกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้าและเวลา



พื้นที่ใต้กราฟ คือ



1. ลวดตัวนำมีพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางมิลลิเมตร ถ้าอิเล็กตรอนอิสระในลวดตัวนำเคลื่อนที่จนกระทั่งทำให้มีประจุไฟฟ้าลัพธ์ขนาด 0.05 คูลอมป์ผ่านพื้นที่หน้าตัดในเวลา 10 วินาที จะมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำขนาดเท่าใด
2. ลวดตัวนำมีพื้นที่หน้าตัด 1.0 ตารางมิลลิเมตร มีกระแสไฟฟ้า 0.5 แอมแปร์ โดยโลหะที่ใช้ทำลวดตัวนำนี้มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระ 4.0×10^{28} ต่อลูกบาศก์เมตร จงหาความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ
3. ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 1.25 แอมแปร์ในเส้นลวดโลหะเส้นหนึ่ง ประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดโลหะเส้นนั้นในเวลา 5.0 นาที จะมีค่าเท่าใด

 แบบฝึกหัดที่ 1**1. สาเหตุทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า คือ**

1. ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดในตัวนำ
2. อิเล็กตรอนอิสระในตัวนำ
3. ความเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอนอิสระ
4. พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ

2. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดผิด

1. เมื่อนำแท่งโลหะต่อเข้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแท่งโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ
2. กระแสไฟฟ้าในสารอิเล็กทรอนิกส์เกิดจากการเคลื่อนที่ของทั้งประจุบวกและประจุลบ
3. กระแสไฟฟ้าในหลอดนีออนหรือหลอดไฟโฆษณาต่าง ๆ เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเท่านั้น
4. ในการใช้งานของหลอดไดโอด ถ้าต่อขั้วแอโนดกับขั้วลบ และแคโทดกับขั้วบวกของแบตเตอรี่จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไดโอด

3. เมื่อทำให้ปลายทั้งสองของแท่งโลหะมีความต่างศักย์ไฟฟ้า จะเป็นอย่างไร

1. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในแท่งโลหะจากปลายที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังปลายที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ
2. การถ่ายเทประจุไฟฟ้าผ่านพื้นที่หน้าตัดของแท่งโลหะจากปลายที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังปลายที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ
3. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแท่งโลหะจากปลายที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังปลายที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ
4. การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวกไปยังขั้วลบและประจุไฟฟ้าลบไปยังขั้วบวก

4. ลวดทองแดงเส้นหนึ่งถ้าปลายทั้งสองของลวดทองแดงมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในลวดทองแดงจะเป็นอย่างไร

1. เคลื่อนที่แบบบราวน์
2. เคลื่อนที่แบบลอยเลื่อน
3. เคลื่อนที่แบบหมุนวน
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

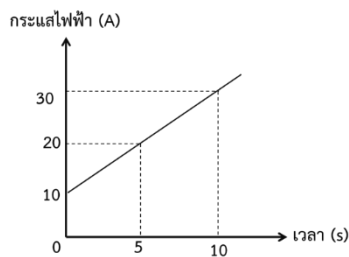
5. การนำไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮล เป็นการนำไฟฟ้าตามข้อใด

1. การนำไฟฟ้าในหลอดไฟนีออน
2. การนำไฟฟ้าในลวดทองแดง
3. การนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ
4. การนำไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศ

6. พบว่าในเวลา 10 วินาที มีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งไปจำนวน 10^{20} ตัว จงคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

1. 1 A
2. 1.6 A
3. 2 A
4. 5.6 A

7. ปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำเส้นหนึ่ง พบว่า กระแสไฟฟ้าและเวลามีความสัมพันธ์กันดังรูปช่วงเวลา 5 ถึง 10 วินาที ประจุไฟฟ้าที่ไหลผ่านพื้นที่ภาคตัดขวางหนึ่งของลวดไปจะมีค่าเท่าไร



1. 100 C
2. 125 C
3. 150 C
4. 175 C

8. อิเล็กตรอนจำนวน 10^{29} ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เคลื่อนที่แบบลอยเลื่อนด้วยความเร็ว 10^{-3} เมตรต่อวินาที ในลวดตัวนำเส้นตรงที่มีพื้นที่หน้าตัด 10^{-6} ตารางเมตร อยากทราบว่าลวดเส้นนี้มีกระแสไฟฟ้าเท่าไร

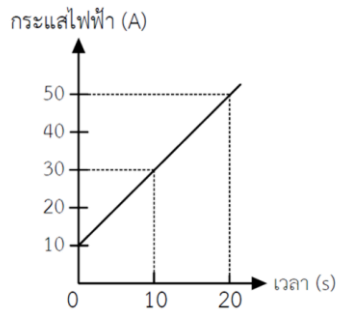
1. 1.6 A
2. 8 A
3. 16 A
4. 18.6 A

9. ลวดเส้นหนึ่งยาว 1 เมตร มีอิเล็กตรอนอิสระ 10^{22} ตัว ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดเส้นนี้ 1.6 แอมแปร์ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนในเส้นลวดเป็นเท่าไร

1. 10^{-1} m/s
2. 10^{-2} m/s
3. 10^{-3} m/s
4. 10^{-4} m/s

แนวข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย

1. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดตัวนำเส้นหนึ่ง พบว่า กระแสไฟฟ้าและเวลามีความสัมพันธ์กันดังกราฟ ช่วงเวลา 10 ถึง 20 วินาที จะมีประจุไฟฟ้าไหลผ่านพื้นที่ภาคตัดขวางของลวดที่ตำแหน่งหนึ่งไปได้กี่ คูลอมบ์



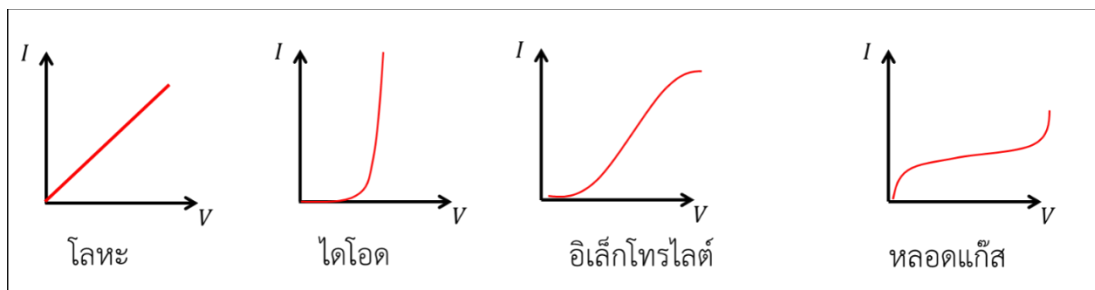
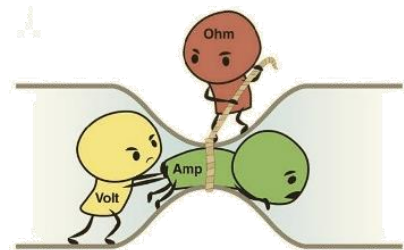
ตอบ.....

2. กฎของโอห์มและความต้านทาน

ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ความต่างศักย์ไฟฟ้า และ กระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำใดๆ แปรผันโดยตรงกับความต่างศักย์เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$V = IR$$

โดยที่ V คือ ความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลต์,
 I คือ กระแสในวงจร หน่วยเป็น แอมแปร์
 R คือ ความต้านทานในวงจร หน่วยเป็น โอห์ม



2.1 ความต้านทานไฟฟ้า

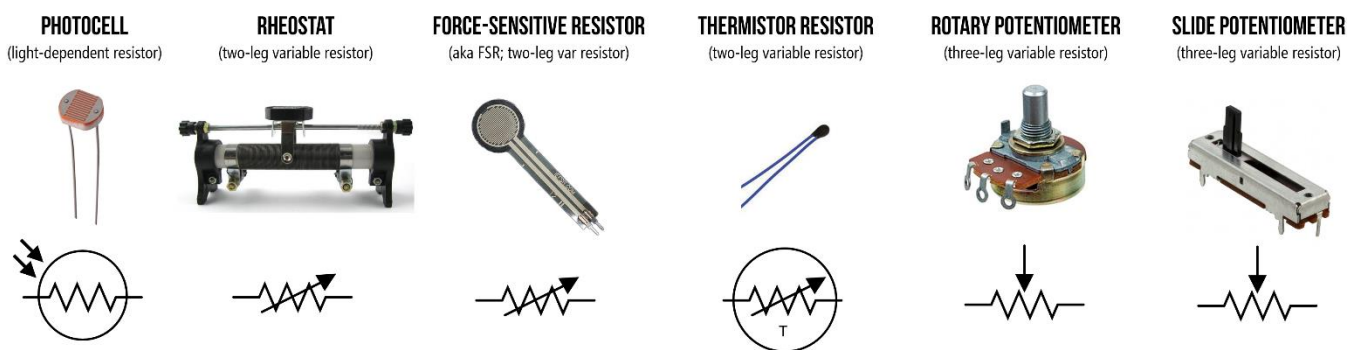
เป็นการบอกคุณสมบัติของสารในการต้านกระแสไฟฟ้าที่จะผ่านได้มากน้อยเพียงใด

ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ เพื่อช่วยปรับให้กระแสไฟฟ้า หรือความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เหมาะกับวงจรนั้นๆ ชนิดของตัวต้านทาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. **ตัวต้านทานค่าคงตัว (fixed resistor)** สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวต้านทานค่าคงตัวในวงจรไฟฟ้าคือ  โดยค่าความต้านทานจะบอกด้วยแถบสีที่เขียนไว้บนตัวต้านทาน ดังรูป

แถบสี	แถบที่ 1 แทนเลข	แถบที่ 2 แทนเลข	แถบที่ 3 คูณด้วย	แถบที่ 4 ความคลาดเคลื่อน
ดำ	0	0	1	-
น้ำตาล	1	1	10^1	$\pm 1\%$
แดง	2	2	10^2	$\pm 2\%$
ส้ม	3	3	10^3	-
เหลือง	4	4	10^4	-
เขียว	5	5	10^5	-
น้ำเงิน	6	6	10^6	-
ม่วง	7	7	-	-
เทา	8	8	-	-
ขาว	9	9	-	-
ทอง	-	-	10^{-1}	$\pm 5\%$
เงิน	-	-	10^{-2}	$\pm 10\%$

2. **ตัวต้านทานแปรค่า (variable resistor)** เป็นตัวต้านทานที่สามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ โดยการเลื่อนปุ่มหรือหมุนปุ่มความต้านทาน ที่สามารถเพิ่มหรือลดค่าความต้านทานได้ตามความต้องการ



2.2 สภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้า

สภาพต้านทาน (resistivity) คือ ปริมาณการวัดของการต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวัสดุ

$$\text{ความต้านทาน} \quad R = \frac{\rho L}{A} \quad \text{เมื่อ } \rho \text{ เป็นค่าคงตัว}$$

ค่าคงตัว ρ นี้เรียกว่า สภาพต้านทาน (resistivity) มีหน่วยเป็น โอห์ม.เมตร ($\Omega \cdot m$)

สภาพต้านทาน (Resistivity) เป็นคุณสมบัติเฉพาะของ วัสดุ (เช่น ทองแดงกับเหล็ก ρ ไม่เท่ากัน)

- L : ความยาวของลวด (ลวดยาว R มาก, กระแสไฟฟ้าไหลไม่ดี)
- A : พื้นที่หน้าตัดของลวด (ลวดอ้วน/ใหญ่ R น้อย, กระแสไหลสะดวก)

ความนำไฟฟ้า (Conductance, G) คือ ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของตัวนำ มีค่าเท่ากับค่าส่วนกลับ

$$\text{ของสภาพต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ นั่นคือ} \quad G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) คือ ความสามารถในการนำไฟฟ้าสภาพนำไฟฟ้า คือ ส่วนกลับของสภาพต้านทานของสารนั้น

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อความต้านทาน

1. ตัวนำ โลหะบริสุทธิ์ ความต้านทานจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน) โลหะผสมเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสภาพต้านทานจะเปลี่ยนไปน้อยมาก

2. สารกึ่งตัวนำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พบว่าสภาพต้านทานจะลดลงอย่างรวดเร็ว

3. ฉนวน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นพบว่าสภาพต้านทานจะลดลงเล็กน้อย

ที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ใกล้ศูนย์เคลวิน พบว่าสภาพต้านทานจะลดลงอย่างทันที จนเกือบเป็นศูนย์ อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิวิกฤต (critical temperature) และเรียกสภาวะนี้เรียกว่า สภาพนำยวดยิ่ง (superconductivity)

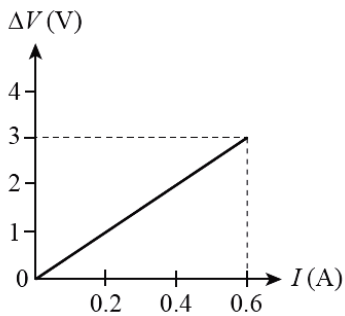


คำถามตรวจสอบความเข้าใจ

1. อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดตัวนำกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ บอกถึงปริมาณใดของลวดตัวนำ.....
2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูก ข้อใดผิด
 - ก. ที่อุณหภูมิคงตัว ความต้านทานของตัวนำโลหะมีค่าคงตัว ☐ ถูก ☐ ผิด
อธิบายเพิ่มเติม.....
 - ข. ถ้าลวดตัวนำมีความยาวมากขึ้น ความต้านทานของลวดตัวนำจะมากขึ้น ☐ ถูก ☐ ผิด
อธิบายเพิ่มเติม.....
 - ค. ถ้าลวดตัวนำมีพื้นที่หน้าตัดมากขึ้น ความต้านทานของลวดตัวนำจะน้อยลง ☐ ถูก ☐ ผิด
อธิบายเพิ่มเติม.....
 - ง. สภาพต้านทานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความยาวและพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ ☐ ถูก ☐ ผิด
อธิบายเพิ่มเติม.....
3. ตัวต้านทานทำหน้าที่อะไรในวงจรไฟฟ้า.....
4. แถบสีที่ 4 ของตัวต้านทานค่าคงตัวแบบมีแถบสี 4 แถบ แทนค่าอะไร
.....
5. เมื่อต่อตัวต้านทานจำนวนหนึ่งแบบอนุกรม กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวจะเป็นอย่างไร
.....
6. เมื่อต่อตัวต้านทานจำนวนหนึ่งแบบขนาน ความต้านทานสมมูลจะแตกต่างจากความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวอย่างไร
.....

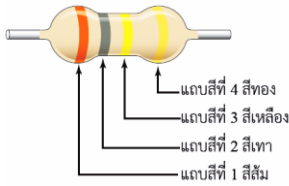


1. จากการทดลองวัดความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานซึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าได้กราฟดังรูป จงหาความต้านทานของตัวต้านทาน



2. ต่อหลอดไฟที่มีความต้านทาน 3.0 โอห์มกับแบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ จะมีกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟเท่าใด
3. ลวดเงินยาว 5.0 เมตร พื้นที่หน้าตัด 2.0 ตารางมิลลิเมตร ลวดเงินเส้นนี้มีความต้านทานเท่าใดกำหนดสภาพนำไฟฟ้าของเงินเท่ากับ 6.14×10^7 (โอห์มเมตร)⁻¹
4. ลวดโลหะชนิดหนึ่งมีสภาพต้านทานไฟฟ้า 6×10^{-8} โอห์มเมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.5 ตารางมิลลิเมตร ต้องใช้ลวดยาวเท่าใดจึงจะได้ความต้านทาน 2.5 โอห์ม

5. ตัวต้านทานมีแถบสีดังรูป มีความต้านทานเท่าใด



6. จะต้องต่อตัวต้านทาน 1.0 เมกะโอห์ม กับความต่างศักย์เท่าใดจึงจะมีกระแสไฟฟ้า 1.0 มิลลิแอมแปร์ ผ่านตัวต้านทานดังกล่าว

แบบฝึกหัดที่ 2

1. อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดตัวนำกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ บอกถึงปริมาณใดของลวดตัวนำ
 1. ความต้านทานของลวดตัวนำ
 2. สภาพต้านทาน
 3. ความต่างศักย์
 4. จำนวนประจุไฟฟ้า
2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูก ข้อใดไม่ถูกต้อง
 1. ที่อุณหภูมิคงตัว ความต้านทานของตัวนำโลหะมีค่าคงตัว
 2. ถ้าลวดตัวนำมีความยาวมากขึ้น ความต้านทานของลวดตัวนำจะมากขึ้น
 3. ถ้าลวดตัวนำมีพื้นที่หน้าตัดมากขึ้น ความต้านทานของลวดตัวนำจะน้อยลง
 4. สภาพต้านทานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความยาวและพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ
3. ตัวต้านทานทำหน้าที่อะไรในวงจรไฟฟ้า
 1. ควบคุมปริมาณความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้าให้พอเหมาะกับการใช้งาน
 2. ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าให้พอเหมาะกับการใช้งาน
 3. ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้าให้พอเหมาะกับการใช้งาน
 4. ควบคุมและต้านไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

4. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีค่าความนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.01 ซีเมนส์ ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 10 โวลต์ อยากทราบว่า จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดนี้เท่าไร
1. 10.0 A
 2. 1.0 A
 3. 0.1 A
 4. 0.01 A

5. ตัวต้านทานค่าคงตัวมีแถบสีเทา ขาว และส้ม เรียงจากซ้ายไปขวามือตามลำดับ ตัวต้านทานนี้มีค่าความต้านทานกี่ กิโลโอห์ม
1. 89 $k\Omega$
 2. 893 $k\Omega$
 3. $89 \times 10^3 k\Omega$
 4. 0.089 $k\Omega$

6. ตัวต้านทานดังรูปจะมีค่าความต้านทานตามข้อใด



1. $50 \pm 10\%$
 2. $50 \pm 5\%$
 3. $500 \pm 5\%$
 4. $500 \pm 10\%$
7. ทองแดงมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 1.7×10^{-8} โอห์ม-เมตร จะมีค่าสภาพนำไฟฟ้าเท่าไร
1. $5.9 \times 10^{-7} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$
 2. $5.9 \times 10^7 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$
 3. $1.7 \times 10^{-7} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$
 4. $1.7 \times 10^7 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$

8. ลวดเงินพื้นที่ภาคตัดขวาง 1 ตารางเซนติเมตร ยาว 2 เมตร มีสภาพต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 1.5×10^{-8} โอห์ม-เมตร ลวดเงินจะมีค่าความนำไฟฟ้าเท่าไร
1. 3.3×10^3 S
 2. 3.0×10^3 S
 3. 3.3×10^{-3} S
 4. 3.0×10^{-3} S
9. สายไฟ 2 เส้นทำด้วยโลหะ 2 ชนิด เส้นแรกมีสภาพความต้านทานเป็น 3 เท่าของเส้นที่สอง ถ้าความยาวและความต้านทานเท่ากัน อัตราส่วนพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นที่หนึ่งต่อเส้นที่สองคือข้อใด
1. 1 : 3
 2. 2 : 1
 3. 3 : 1
 4. 3 : 2

แนวข้อสอบเข้ามหาลัย

1. (วิชาสามัญ 65) ณ อุณหภูมิหนึ่ง ลวดตัวนำ A B และ C มีความยาวและความต้านทาน ดังตาราง

ลวดตัวนำ	ความยาว (เมตร)	ความต้านทาน (โอห์ม)
A	1.0	2.2
B	2.0	4.4
C	2.0	5.2

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. ถ้าลวดตัวนำ A มีสภาพต้านทานไฟฟ้า 2.2×10^{-7} โอห์ม เมตร จะมีพื้นที่หน้าตัด 0.1 ตารางมิลลิเมตร
- ข. ถ้าลวดตัวนำ A และ B มีสภาพต้านทานไฟฟ้าเท่ากัน พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ A จะมากกว่า B
- ค. ถ้าลวดตัวนำ C มีความยาว 1.0 เมตร โดยพื้นที่หน้าตัดเท่าเดิม จะมีความต้านทาน 10.4 โอห์ม

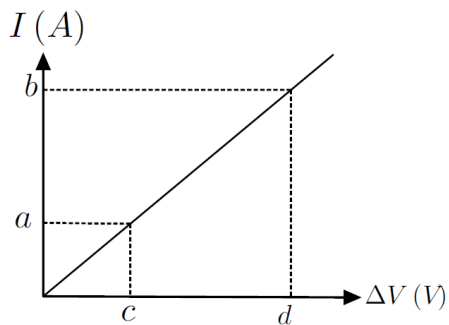
ข้อความใดถูกต้อง

- 1. ก. เท่านั้น
- 2. ข. เท่านั้น
- 3. ก. และ ค. เท่านั้น
- 4. ข. และ ค. เท่านั้น
- 5. ก. ข. และ ค.

2. (แนว A-Level 67) ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีสภาพต้านทานไฟฟ้า 5×10^{-2} โอห์ม.เมตร มีความยาว 4.0 เซนติเมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 0.5 ตารางเซนติเมตร ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 20 มิลลิแอมแปร์ ไหลผ่านลวดตัวนำนี้ตามแนวความยาว ความต่างศักย์ระหว่างปลายและจุดกึ่งกลางของลวดตัวนำมีค่ากี่โวลต์

- 1. 0.2 โวลต์
- 2. 0.3 โวลต์
- 3. 0.4 โวลต์
- 4. 0.6 โวลต์
- 5. 0.8 โวลต์

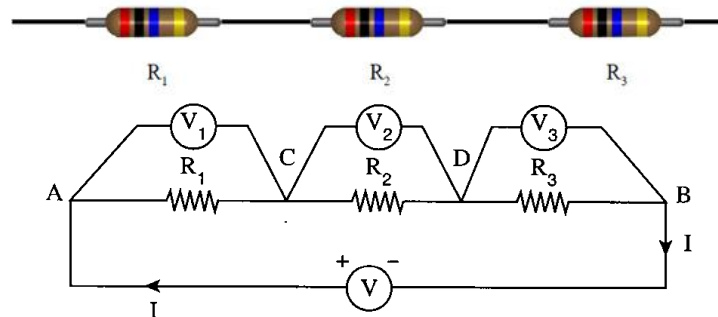
3) จากการวัดค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดที่มีพื้นที่หน้าตัด A ตารางเมตรยาว L เมตร แล้วเขียนกราฟได้ ดังรูป สภาพต้านทานของลวดเส้นนี้มีค่าเท่าใด



1. $(\frac{d-c}{b-a}) \frac{A}{L}$
 2. $(\frac{d-c}{b-a}) \frac{L}{A}$
 3. $(\frac{b-a}{d-c}) \frac{A}{L}$
 4. $(\frac{b-a}{d-c}) \frac{L}{A}$
 5. $(\frac{b-a}{d-c}) \frac{2A}{L}$
6. ลวดโลหะชนิดหนึ่งมีความต้านทาน 25 โอห์ม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm ยาว 5 m หากตัดลวดโลหะให้ ความยาวลดลง 20% จงหาความต้านทานของลวดโลหะส่วนที่เหลือ
1. 1.00 โอห์ม
 2. 5.00 โอห์ม
 3. 6.25 โอห์ม
 4. 20.00 โอห์ม
 5. 30.00 โอห์ม

2.3 การต่อตัวต้านทาน

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ต่อเรียงกันเป็นเส้นเดียว กระแสไหลทางเดียว



ผลของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมได้ว่า

1. กระแสไฟฟ้า (I) ผ่านตัวต้านทานทุกตัวเท่ากัน

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3$$

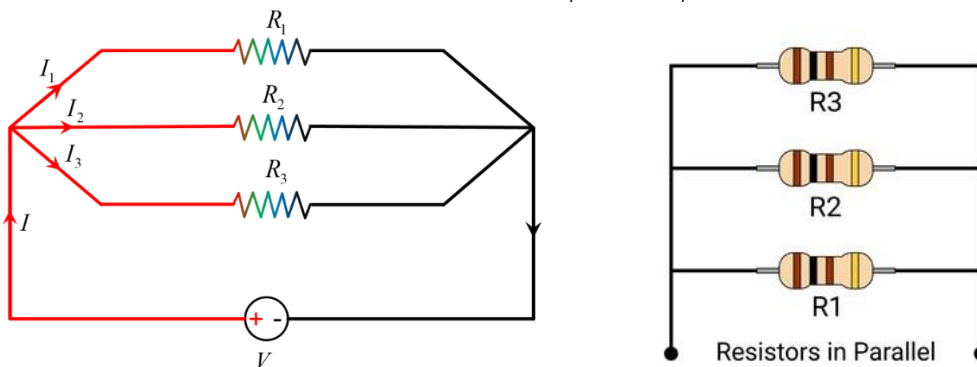
2. ความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม = ผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าย่อย

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$$

จะได้ว่า

$$R_{รวม} = R_1 + R_2 + R_3$$

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน ต่อพร้อมกัน หรือมีจุดร่วม 2 จุด



ผลของการต่อตัวต้านทานแบบขนานได้ว่า

1. ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากันและเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม

$$V_{total} = V_1 = V_2 = V_3$$

2. กระแสไฟฟ้าที่ผ่านทั้งหมดเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

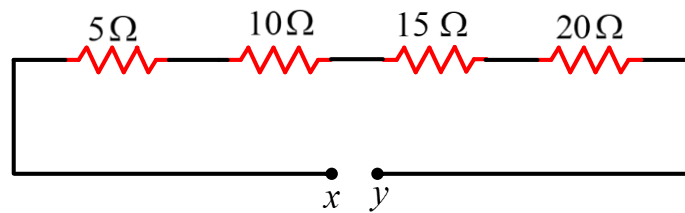
$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3$$

จะได้ว่า

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



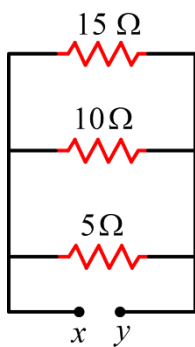
1. จากรูปวงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้ จงหาความต้านทานรวมระหว่าง x และ y



2. จากปัญหาของ 1 ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง x และ y เท่ากับ 100 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าของวงจรเป็นเท่าไร

3. จากปัญหาข้อ 1 และข้อ 2 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อม 15 โอห์ม มีค่าเท่าไร

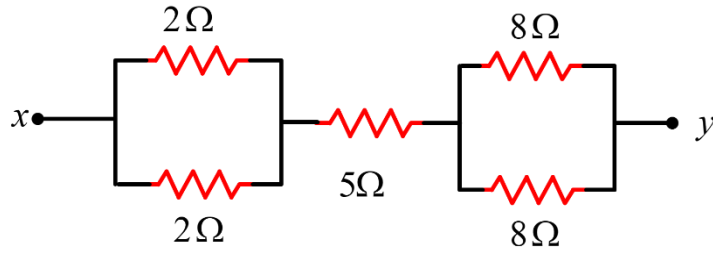
4. จากรูปจงหาความต้านทานรวมระหว่าง x และ y



5. จากปัญหาข้อ (4) ถ้าความต่างศักย์ระหว่าง x และ y เท่ากับ 60 โวลต์ กระแสไฟฟ้าของวงจรจะเป็นเท่าใด

6. จากปัญหาข้อ (4) และข้อ (5) กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 10 โอห์ม กี่แอมแปร์

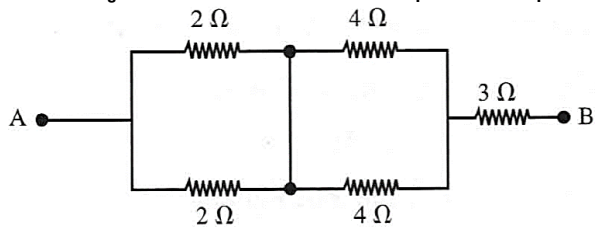
7. จากรูปวงจรที่กำหนดให้ จงหาความต้านทานรวมระหว่าง x และ y



8. จากข้อ 7 ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์ ไหลผ่านตัวต้านทาน 8Ω ความต่างศักย์ระหว่าง x และ y มีค่าเท่าใด

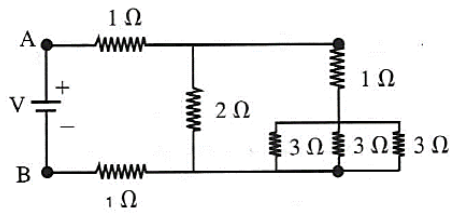
9. จากข้อ 7 และ 8 จงหาศักย์ไฟฟ้าคล่อมตัวต้านทาน 5Ω

10. จากรูป ความต้านทานระหว่างจุด A และจุด B จะมีค่าที่โอห์ม

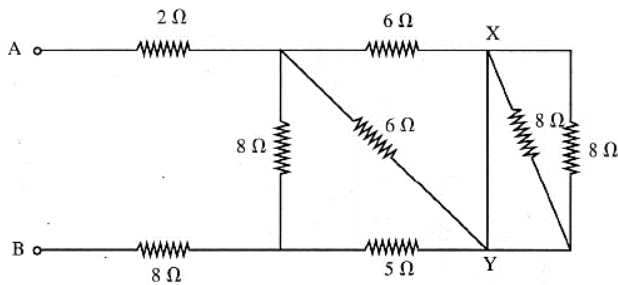


 แบบฝึกหัดที่ 3

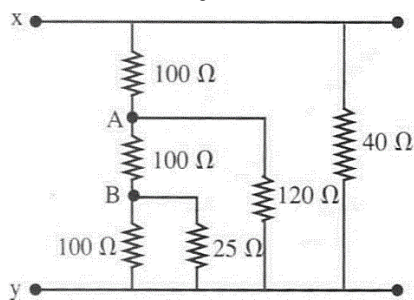
1. จากรูป ความต้านทานรวมระหว่างจุด A และจุด B มีค่าเท่าใด



1. 4 Ω
 2. 6 Ω
 3. 3 Ω
 4. 12 Ω
2. วงจรดังรูป ถ้าวัดความต้านทานระหว่างจุด A และจุด B จะได้กี่โอห์ม เมื่อ XY เป็นลวดตัวนำไม่มีความต้านทาน

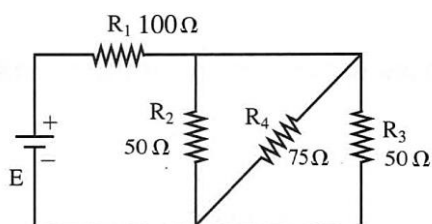


1. 24 Ω
 2. 23 Ω
 3. 22 Ω
 4. 14 Ω
3. จากวงจรดังรูป จงหาความต้านทานระหว่างจุด x และ y มีค่าเท่าไร



1. 12 Ω
2. 20 Ω
3. 32 Ω
4. 60 Ω

4. จากปัญหาข้อ (3) ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด x และจุด y เป็น 320 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน 40 โอห์ม จะเป็นเท่าไร
1. 2 A
 2. 4 A
 3. 6 A
 4. 8 A
5. จากปัญหาข้อ (3) และข้อ (4) ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด B และจุด y มีค่าเท่าไร
1. 10 V
 2. 20 V
 3. 30 V
 4. 40 V
6. จากข้อ (5) กระแสไฟฟ้าของวงจรมีค่าเท่าใด
1. 10 A
 2. 15 A
 3. 20 A
 4. 25 A
7. จากรูป $E = 6.0$ โวลต์ จงหาความต้านทานรวมของวงจร และ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 R_2 R_3 และ R_4 ตามลำดับ

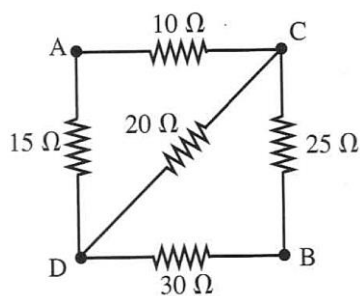


1. $100\ \Omega$, 1, 2, 3 และ 0.5 A
2. $100\ \Omega$, 2, 1, 1 และ 0.5 A
3. $120\ \Omega$, 0.05, 0.02, 0.01 และ 0.02 A
4. $120\ \Omega$, 0.05, 0.02, 0.02 และ 0.02 A

8. เซลล์ไฟฟ้าตัวหนึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2 โวลต์ ความต้านทานภายใน 1.6 โอห์ม ต่อเป็นวงจรกับความต้านทาน 4 โอห์ม และ 6 โอห์ม ซึ่งต่อขนานกัน จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน 4 โอห์ม และ 6 โอห์ม ตามลำดับ

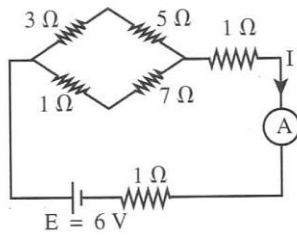
1. 0.5 A, 0.6 A
2. 0.6 A, 0.5 A
3. 0.3 A, 0.2 A
4. 0.2 A, 0.3 A

9. จากรูปวงจรที่กำหนดให้ จงหาความต้านทานรวมระหว่าง C และ D



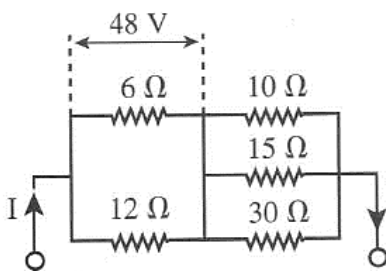
1. 12.2 Ω
 2. 9.1 Ω
 3. 8.7 Ω
 4. 4.6 Ω
10. ตัวต้านทานจำนวน 10 ตัว มีค่าความต้านทาน 100 โอห์ม นำมาต่อกันจะสามารถต่อค่าความต้านทานรวมสูงสุดและน้อยสุดเป็นเท่าใด
1. 1000 โอห์ม และ 10 โอห์ม
 2. 110 โอห์ม และ 1 โอห์ม
 3. 100 โอห์ม และ 0.1 โอห์ม
 4. 1.0 โอห์ม และ 0.1 โอห์ม
11. ตัวต้านทาน 3 ตัว นำมาต่อกันหลาย ๆ แบบพบว่าได้ค่าความต้านทานสูงสุด 10 โอห์ม และต่ำสุด 1 โอห์ม ถ้าความต้านทานตัวใดตัวหนึ่งมีค่า 2 โอห์ม จงหาค่าความต้านทานของอีก 2 ตัวที่เหลือ
1. 4 โอห์ม และ 4 โอห์ม
 2. 2 โอห์ม และ 2 โอห์ม
 3. 4 โอห์ม และ 2 โอห์ม
 4. 2 โอห์ม และ 6 โอห์ม

12. จงหากระแสไฟฟ้า I ที่ไหลผ่านแอมมิเตอร์ ในวงจร



1. 0.3 A
2. 0.5 A
3. 1.0 A
4. 1.5 A

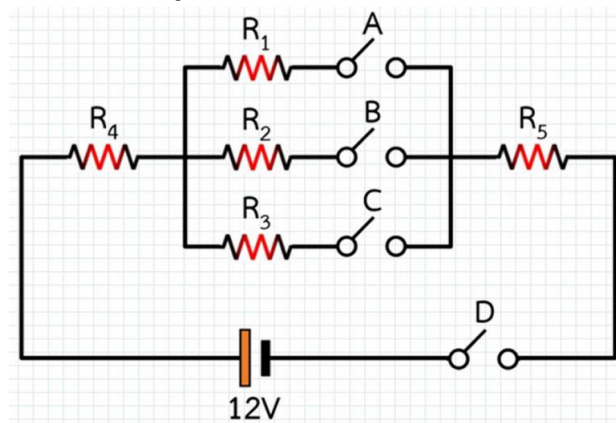
13. จากรูปจงหาค่าของความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน 10 โอห์ม



1. 60 V
2. 54 V
3. 48 V
4. 36 V

แนวข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย

1. (TPAT3 ธ.ค. 66) พิจารณาวงจรไฟฟ้าดังรูป



กำหนดให้ $R_1 = R_2 = R_3 = 30$ โอห์ม

$R_4 = R_5 = 45$ โอห์ม

R_1, R_2 และ R_3 กระแสไฟฟ้าผ่านได้ไม่เกิน 60 มิลลิแอมแปร์

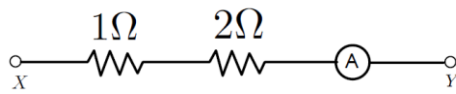
R_4 และ R_5 กระแสไฟฟ้าผ่านได้ไม่เกิน 200 มิลลิแอมแปร์

จะต้องสับสวิตช์อย่างน้อยกี่ตัว กระแสไฟฟ้าจึงจะไหลได้และไม่เกินค่าที่ตัวต้านทานจะรับได้

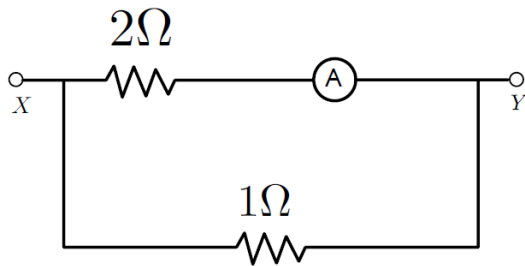
1. 1 ตัว
2. 2 ตัว
3. 3 ตัว
4. 4 ตัว
5. ไม่สามารถทำได้ ถึงแม้ว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลได้ แต่จะเกินค่าที่ตัวต้านทานจะรับได้

2. ถ้าใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง XY เท่ากัน และแอมมิเตอร์มีความต้านทาน 2 โอห์ม ข้อใดที่แอมมิเตอร์อ่านค่าได้มากที่สุด

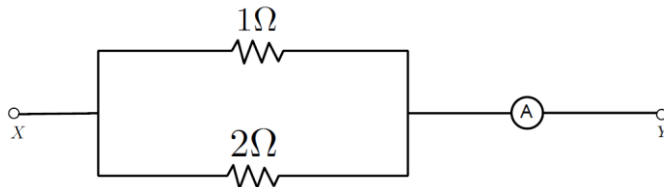
1.



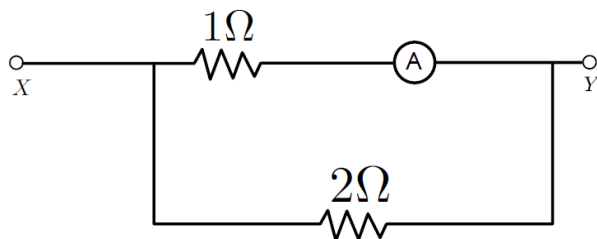
2.



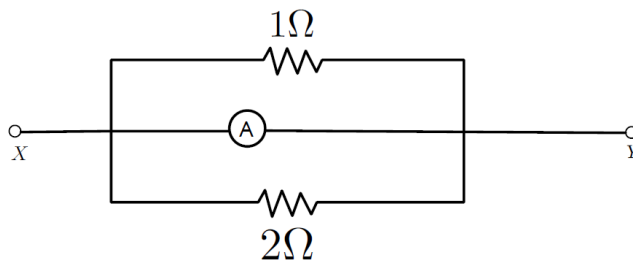
3.



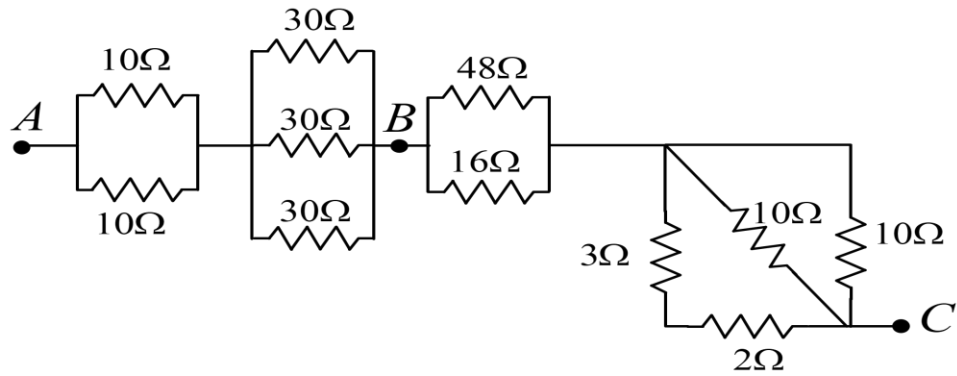
4.



5.



3. หากมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าที่จุด A ขนาด 10 แอมแปร์ V_{AB} V_{BC} และ V_{AC} มีค่าเท่าใด



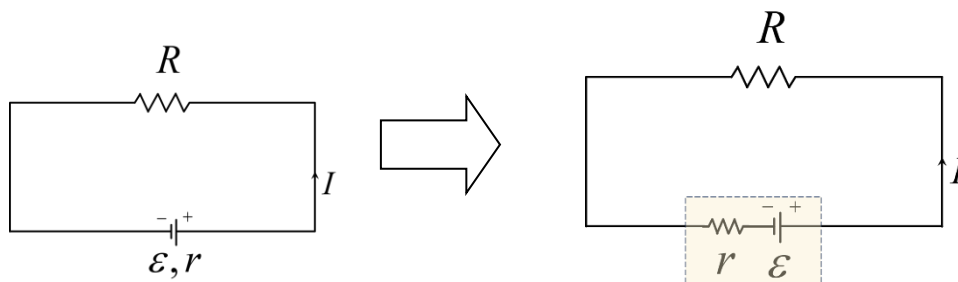
	V_{AB}	V_{BC}	V_{AC}
1.	0.15	0.145	0.295
2.	1.5	1.45	2.95
3.	1.5	0.25	1.75
4.	150	145	295
5.	0.295	0.15	0.45

3. พลังงานไฟฟ้าและความต่างศักย์

อีเอ็มเอฟ (Electromotive Force หรือ e.m.f.) หมายถึง งานที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระทำต่อหน่วยประจุที่แหล่งกำเนิดใช้ในการเคลื่อนประจุ ($\mathcal{E}$)

ในบางครั้ง อีเอ็มเอฟ อาจถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force) ซึ่งจริงๆ แล้ว แรงเคลื่อนไฟฟ้า ไม่ใช่แรงที่กระทำ แต่เป็นพลังงานในการทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ แต่เพื่อให้สับสนว่า เป็นแรงที่กระทำ (Force : หน่วย นิวตัน) จึงเปลี่ยนไปใช้คำว่า e.m.f. ใช้สัญลักษณ์ $\mathcal{E}$

เมื่อต่อตัวนำหรือตัวต้านทานเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่มีอีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}$ และมีความต้านทานภายใน r



โดยที่ R คือ ความต้านทานที่ต่อกับเซลล์ไฟฟ้า
 r คือ ความต้านทานภายในของเซลล์ไฟฟ้า
 $\mathcal{E}$ คือ อีเอ็มเอฟ ของเซลล์ไฟฟ้า

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน (R) และเซลล์ไฟฟ้าซึ่งมีความต้านทานภายใน (r) ย่อมก่อให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์ (V_R) ความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์ (V_r) และความต่างศักย์ของเซลล์ไฟฟ้า (แรงเคลื่อนไฟฟ้า : $\mathcal{E}$)

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \mathcal{E} &= V_R + V_r \\ \mathcal{E} &= IR + Ir \\ \mathcal{E} &= I(R+r) ; \quad (\text{วงจรขนาน } I \text{ เท่ากันทั้งวงจร}) \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \boxed{I = \frac{\mathcal{E}}{(R+r)}}$$

ถ้ามีเซลล์ไฟฟ้าหลายเซลล์ หรือมีตัวต้านทานหลายค่า

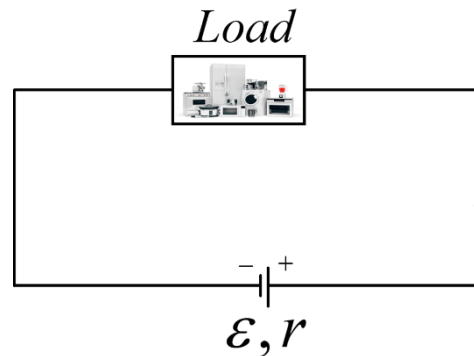
$$\boxed{I = \frac{\Sigma \mathcal{E}}{(\Sigma R + \Sigma r)}}$$

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
 $\Sigma \mathcal{E}$ คือ ผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในวงจร
 ΣR คือ ผลรวมของความต้านทานภายนอกทั้งหมด
 Σr คือ ผลรวมของความต้านทานภายในทั้งหมด

* บางตำราอาจใช้สัญลักษณ์ E แทนแรงเคลื่อนไฟฟ้า

1. พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

พิจารณาวงจรไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า (เซลล์ไฟฟ้า) ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า (ตัวต้านทาน)



พลังงานที่สูญเสียให้ตัวต้านทาน (Load)

ถ้า W คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เคลื่อนประจุผ่านตัวต้านทาน R

ได้ว่า
$$W = QV$$

หรือ
$$W = IVt = I^2 R t = \frac{V^2 t}{R}$$

ถ้าให้ P คือกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในตัวต้านทาน R

ได้ว่า
$$P = \frac{W}{t} = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

ค่าไฟฟ้า 1 หน่วย หมายถึง การใช้พลังงาน 1000 วัตต์ ใน 1 ชั่วโมง

$$Unit = \frac{P}{1000} \times t_{(hr)}$$



แบบตรวจสอบความเข้าใจ

ข้อที่ 1. อีเอ็มเอฟ (EMF) หมายถึงปริมาณในข้อใด

1. แรงทางกลที่ใช้ผลักประจุไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ผ่านลวดตัวนำ
2. พลังงานไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดจ่ายให้แก่ประจุไฟฟ้า 1 หน่วย เพื่อให้เคลื่อนที่ครบวงจร
3. ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วแบตเตอรี่เมื่อมีการต่อโหลดและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
4. ความต้านทานรวมทั้งหมดของวงจรทั้งภายนอกและภายในเซลล์ไฟฟ้า
5. อัตราการไหลของประจุไฟฟ้าผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวนำในหนึ่งหน่วยเวลา

ข้อที่ 2. พิจารณาวงจรไฟฟ้าที่มีแบตเตอรี่และตัวต้านทาน การถ่ายโอนพลังงานในวงจรนี้เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ และมีการเปลี่ยนรูปพลังงานอย่างไร

1. ไม่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เพราะพลังงานสูญหายไปในสายไฟ
2. ไม่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เพราะพลังงานเพิ่มขึ้นจากการไหลของกระแส
3. เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี และพลังงานความร้อน
4. เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยเปลี่ยนพลังงานเคมีในแบตเตอรี่เป็นพลังงานไฟฟ้า และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่ตัวต้านทาน
5. เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยพลังงานไฟฟ้าจะคงที่ตลอดเวลาไม่มีการเปลี่ยนรูป

ข้อที่ 3. เพราะเหตุใด เมื่อเราใช้งานแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปสักระยะหนึ่ง ตัวแบตเตอรี่จึงมีความร้อนเกิดขึ้น

1. เพราะเกิดการเสียดสีระหว่างอิเล็กตรอนกับเปลือกหุ้มแบตเตอรี่
2. เพราะแบตเตอรี่ดูดกลืนความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไป
3. เพราะภายในแบตเตอรี่มีความต้านทานภายใน เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจึงเกิดพลังงานความร้อนสะสม
4. เพราะกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับเข้าสู่ขั้วบวกของแบตเตอรี่ทำให้เกิดความร้อน
5. เพราะปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่หยุดทำงานชั่วคราว

ข้อที่ 4. หากนักเรียนเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือจากรุ่นเก่าเป็นรุ่นใหม่ใหม่ที่ระบุว่า "ประหยัดพลังงานกว่า" โดยใช้กับแบตเตอรี่ขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่าเดิม กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแบตเตอรี่จะเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับรุ่นเก่า

1. เพิ่มขึ้น เพราะเครื่องรุ่นใหม่มีประสิทธิภาพสูงกว่าจึงดึงกระแสได้ดีกว่า
2. เพิ่มขึ้น เพราะความต้านทานของเครื่องรุ่นใหม่มีค่าลดลง
3. เท่าเดิม เพราะใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่าเดิม
4. ลดลง เพราะเครื่องที่ประหยัดพลังงานหมายถึงใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง ($P = IV$) ทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง
5. สรุบไม่ได้ ขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ (mAh)

ข้อที่ 5. หากต้องการคำนวณค่าไฟ หรือพิจารณาพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่ง นักเรียนต้องดูข้อมูลปริมาณใดบนฉลากเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก

1. ความต่างศักย์ (Volt)
2. กระแสไฟฟ้า (Ampere)
3. กำลังไฟฟ้า (Watt)
4. ความต้านทาน (Ohm)
5. ความถี่ (Hertz)

ข้อที่ 6. "กิโลวัตต์-ชั่วโมง" (Kilowatt-hour หรือ Unit) เป็นหน่วยวัดของปริมาณทางฟิสิกส์ใด

1. กำลังไฟฟ้า (Electric Power)
2. พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy)
3. ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential)
4. ประจุไฟฟ้า (Electric Charge)
5. เวลาในการใช้งาน (Time Usage)



1. แบตเตอรี่มีอีเอ็มเอฟ 3 โวลต์และความต้านทานภายใน 1 โอห์ม ต่อกับตัวต้านทานแล้วพบว่ามีการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร 0.5 แอมแปร์ จงหาความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทาน

2. แบตเตอรี่มีอีเอ็มเอฟ 6 โวลต์ ต่อใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าพบว่าความต่างศักย์ที่เครื่องใช้ไฟฟ้าได้รับมีค่า 4.5 โวลต์ จงหา

ก. ความต่างศักย์ที่ความต้านทานภายในเป็นเท่าใด

ข. ถ้าในวงจรไฟฟ้ามีการไหลของกระแสไฟฟ้า 0.5 แอมแปร์ ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าเท่าใด

3. หลอดไฟของไฟฉายมีกำลังไฟฟ้า 20 วัตต์ ใช้กับแบตเตอรี่ที่มีอีเอ็มเอฟ 9 โวลต์ จงหา

ก. กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟ

ข. ถ้าใช้งานไฟฉายเป็นเวลานาน 10 นาที ไฟฉายนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าไปกี่จูล

4. เมื่อต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับวงจรไฟฟ้าพบว่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วของมอเตอร์มีค่า 10 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า 2 แอมแปร์ มอเตอร์นี้กำลังไฟฟ้ากี่วัตต์

5. เตารีดเครื่องหนึ่งใช้ไฟฟ้า 1400 วัตต์ เมื่อต่อใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 โวลต์ จงหา

ก. กระแสไฟฟ้าที่ผ่านเตารีด

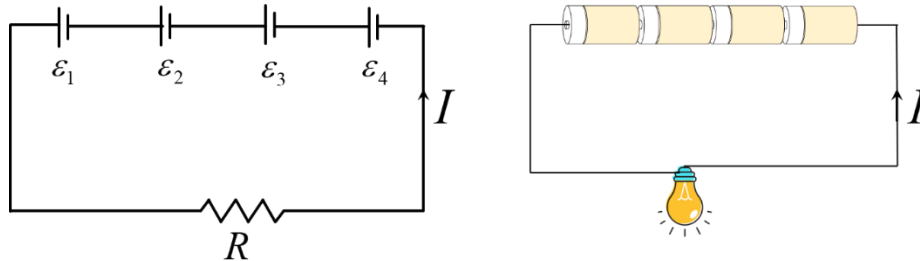
ข. ความต้านทานของวงจรไฟฟ้าเตารีด

ค. พลังงานไฟฟ้าที่เตารีดใช้ไปเมื่อใช้งานเป็นเวลา 10 นาที

4. แบตเตอรี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

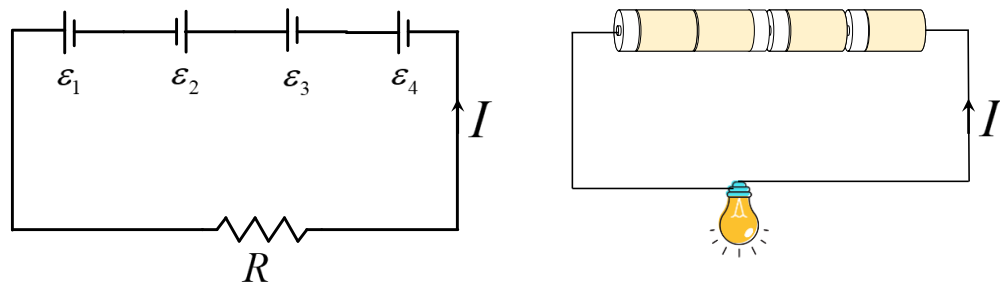
การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม

1.1 เซลล์ไฟฟ้าต่อตามกัน คือ การต่อเซลล์ในลักษณะหันขั้วไปทางเดียวกัน ดังรูป



จากรูป จะได้ $\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4$ $\Sigma r = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$

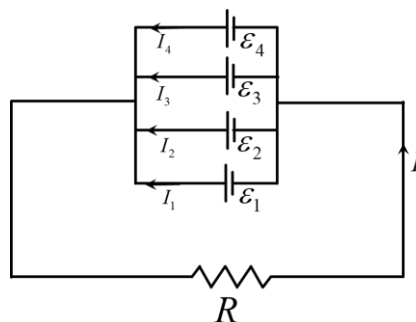
1.2 เซลล์ไฟฟ้าขัดต่อกัน คือ การต่อเซลล์ไฟฟ้าในลักษณะหักล้างกัน โดยกระแสไฟฟ้าสวนทางกัน ดังรูป



จากรูป จะได้ว่า $\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4$ $\Sigma r = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$

2. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานมีข้อจำกัดว่า เซลล์ไฟฟ้าในแต่ละแถวต้องมีผลรวมของเซลล์ไฟฟ้าเท่ากัน เมื่อทุกเซลล์ไฟฟ้ามีแรงเคลื่อนไฟฟ้า $\mathcal{E}$ และมีความต้านทานภายใน r



ผลของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะได้ว่า $\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_4$

$$\text{และ } \frac{1}{r_{\text{total}}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}$$



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ

1. เมื่อต่อแบตเตอรี่ที่เหมือนกันจำนวนหนึ่งแบบอนุกรมกับตัวต้านทานให้ครบวงจร ปริมาณใดต่อไปนี้ของแบตเตอรี่แต่ละก้อน มีค่าเท่ากัน

☐ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่

☐ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่

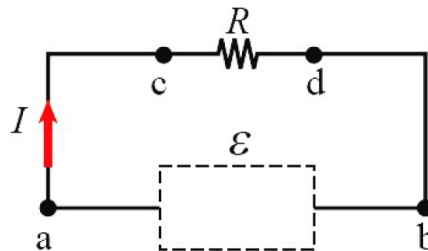
☐ อีเอ็มเอฟ

☐ ความต้านทานภายใน

2. ถ้าต้องการต่อแบตเตอรี่ให้มีอีเอ็มเอฟสูงขึ้น จะต้องต่อแบตเตอรี่แบบใดและเมื่อนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า จะมีผลดีและผลเสีย อย่างไรให้ระบุอย่างละ 1 ข้อ

3. การต่อแบตเตอรี่แบบขนานมีผลดีอย่างไรให้ระบุอย่างละ 1 ข้อ

4. ในวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่อีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}$ และตัวต้านทาน R มีกระแสไฟฟ้าในวงจร I ดังรูป ให้ตอบคำถามต่อไปนี้



ก. ขั้วของแบตเตอรี่ที่ต่อกับจุด a เป็นขั้วบวกหรือลบ

ข. ความต่างศักย์ระหว่างจุด a กับ b และระหว่างจุด c กับ d มีค่าแตกต่างกันหรือไม่

5. ในวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่อีเอ็มเอฟ $\mathcal{E}$ ที่มีความต้านทานภายในเป็นศูนย์และตัวต้านทานที่มีความต้านทาน R_1 ถ้ามีการต่อตัวต้านทานที่มีความต้านทาน R_2 เพิ่มอีกตัวแบบอนุกรมโดยที่ R_1 เท่ากับ R_2 ให้ตอบคำถามต่อไปนี้

ก. กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน R_1 เปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ข. ความต่างศักย์ระหว่างปลาย R_1 เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร

ตัวอย่าง

1. นำแบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ ความต้านทานภายใน 0.2 โอห์มจำนวน 4 ก้อนมาต่อแบบอนุกรมสำหรับนำไปเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า จงหา

ก. อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

ข. ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

2. นำแบตเตอรี่ขนาด 3 โวลต์ ความต้านทานภายใน 0.3 โอห์ม จำนวน 3 ก้อนมาต่อแบบขนานสำหรับนำไปเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า จงหา

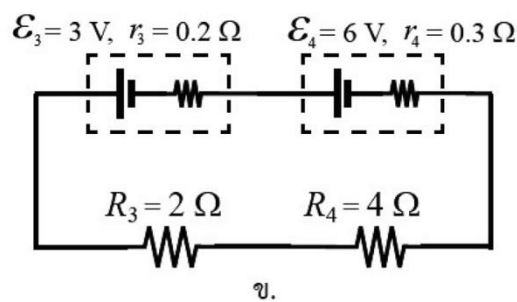
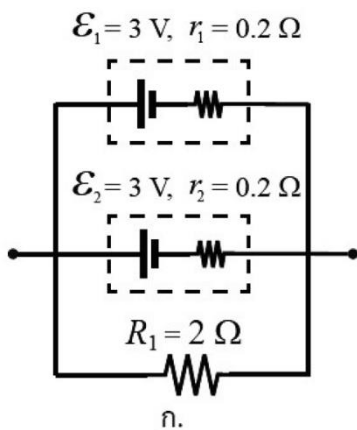
ก. อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

ข. ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

3. เมื่อนำแบตเตอรี่สี่ก้อนซึ่งต่อกันแบบอนุกรมไปต่อกับตัวต้านทานขนาด 5.6 โอห์ม กระแสไฟฟ้าในวงจรจะมีค่าเท่าใด ถ้าแบตเตอรี่แต่ละก้อนมีอีเอ็มเอฟ 1.5 โวลต์และความต้านทานภายใน 0.1 โอห์ม

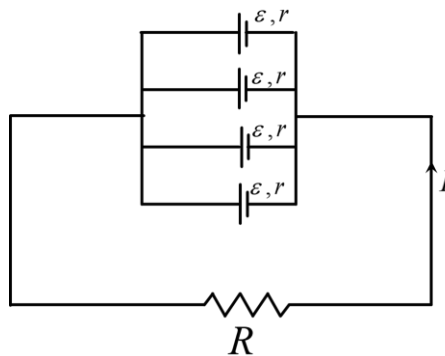
4. ตัวต้านทานสามตัวมีความต้านทาน 1 โอห์ม 100 โอห์มและ 1000 โอห์ม ถ้านำตัวต้านทานแต่ละตัวไปต่อกับแบตเตอรี่ที่มีอีเอ็มเอฟ 3 โวลต์ และความต้านทานภายใน 0.5 โอห์ม ความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานเป็นเท่าใด และความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทานใด มีค่าใกล้เคียงอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่มากกว่า เพราะเหตุใด

5. ในวงจรไฟฟ้างดรูป ก. และ ข. กระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวเท่าใด



แบบฝึกหัด 4

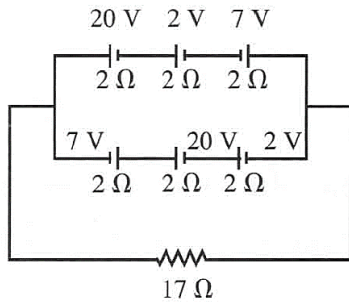
- เมื่อนำหลอดไฟมาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 12.0 โวลต์ ที่มีความต้านทานภายใน 0.5 โอห์ม พบว่า มีกระแสไฟฟ้าผ่านหลอด 1.0 แอมแปร์ จงหาความต่างศักย์ระหว่างขั้วของหลอดไฟ
 - 12.5 โวลต์
 - 12.0 โวลต์
 - 11.5 โวลต์
 - 11.0 โวลต์
- ถ้าเซลล์ให้เซลล์ไฟฟ้าต่อกันแบบขนานระหว่างจุด a และจุด b ดังรูป กระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านตัวต้านทาน R มีค่าเท่าใด



- | | |
|--|--|
| 1. $I = \frac{\varepsilon_1}{R + \frac{r_1}{3}}$ | 2. $I = \frac{\varepsilon_1}{R + r_1}$ |
| 3. $I = \frac{\varepsilon_1}{R - \frac{r_1}{3}}$ | 4. $I = \frac{\varepsilon_1}{R - r_1}$ |

3. วิทย์เครื่องหนึ่ง เมื่อวัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าขณะยังไม่เปิดเครื่อง อ่านค่าได้ 6 โวลต์ แต่เมื่อเปิดเครื่องจะเหลือเพียง 5.6 โวลต์ และวัดกระแสได้ 0.5 แอมแปร์ ถ้าวิทย์เครื่องนี้ใช้ถ่านไฟฉาย 4 ก้อน จงหาค่าความต้านทานภายในของถ่าน 1 ก้อน
 - 0 โอห์ม
 - 0.1 โอห์ม
 - 0.2 โอห์ม
 - 0.3 โอห์ม

4. จากรูป จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน $17\ \Omega$



1. 0 A
2. 0.25 A
3. 0.50 A
4. 0.75 A

5. เตารีดขนาด 1,000 วัตต์ ใช้กับไฟฟ้า 200 โวลต์ เตารีดจะมีความต้านทานเท่าไรและจะกินไฟกี่แอมแปร์

1. 40 โอห์ม, 5 A
2. 20 โอห์ม, 10 A
3. 0.2 โอห์ม, 50 A
4. 0.2 โอห์ม, 5 A

6. ขดลวดความร้อน A มีความต้านทาน $0.64\ \Omega$ ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ สามารถทำให้น้ำ 1 แก้ว เดือดได้ หลังจากจุ่มขดลวดเป็นเวลา 4 นาที เมื่อเปลี่ยนเป็นขดลวด B ที่มีลักษณะเดียวกันแล้วทดลองซ้ำ พบว่าใช้เวลาเพียง 3 นาที จงคำนวณหาความต้านทานของขดลวด B

1. $0.23\ \Omega$
2. $0.36\ \Omega$
3. $0.48\ \Omega$
4. $0.76\ \Omega$

7. เตารีดขมบ่งอันหนึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า 800 วัตต์ เมื่อใช้กับไฟฟ้า 200 โวลต์ ขดลวดความร้อนทำด้วยลวดนิโครม มีพื้นที่หน้าตัด 0.2 ตารางมิลลิเมตร และมีสภาพต้านทานไฟฟ้า 1×10^{-6} โอห์ม-เมตร จงหาว่าต้องใช้ลวดนิโครมยาวกี่เมตร

1. 10 เมตร
2. 5 เมตร
3. 1 เมตร
4. 0.1 เมตร

8. เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งใช้กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ ถ้านักเรียนคนหนึ่งใช้เครื่องคอมพิวเตอร์นี้วันละ 5 ชั่วโมง ทุกวัน เป็นเวลานาน 30 วัน เขาจะใช้พลังงานไฟฟ้าไปกี่ยูนิต

1. 10.0 unit
2. 7.5 unit
3. 6.0 unit
4. 5.5 unit

9. บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ถ้าใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าดังต่อไปนี้ หม้อหุงข้าวขนาด 600 วัตต์ ตู้เย็นขนาด 100 วัตต์ และหลอดเรืองแสงขนาด 40 วัตต์ 5 ดวง ควรใช้ฟิวส์รวมขนาดใด และถ้าใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้พร้อมๆ กัน 10 ชั่วโมง ต้องใช้ปริมาณไฟฟ้าที่หน่วย
1. 30 A, 10 หน่วย
 2. 0.2 A, 9 หน่วย
 3. 4.1 A, 9 หน่วย
 4. 0.2 A, 0.1 หน่วย
10. เมื่อใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่พบว่าอ่านค่าได้ 6.0 โวลต์ เมื่อนำตัวต้านทานขนาด 12 โอห์มมาต่อกับแบตเตอรี่พบว่า ความต่างศักย์ที่วัดได้ลดลงเป็น 5.6 โวลต์ ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าเท่าใด
11. เครื่องเป่าผมเครื่องหนึ่งมีกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ใช้กับไฟบ้าน 220 โวลต์ ถ้าใช้เครื่องเป่าผมนี้ 2 นาที ปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผ่านเครื่องเป่าผมในเวลา 2 นาที มีค่าเท่าใด
12. เตาไรต์ไฟฟ้าเครื่องหนึ่ง เมื่อต่อกับความต่างศักย์ 220 โวลต์ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านเตาไรต์ 6 แอมแปร์ มีผลทำให้เกิดความร้อนในเตาไรต์ในเวลา 1 ชั่วโมงเท่าใด ถ้าร้อยละ 80 ของพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

13. เต้าไฟฟ้าเครื่องหนึ่งมีฉลากบอกกำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์ 600 วัตต์ 220 โวลต์ ถ้านำเต้าไฟฟ้านี้มาใช้กับความต่างศักย์ 200 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดให้ความร้อนของเต้าไฟฟ้าจะลดลงร้อยละเท่าใด
14. ในวันหยุดราชการ บ้านหลังหนึ่ง ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์จำนวน 6 หลอดเป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง ใช้เตารีดกำลังขนาด 1200 วัตต์ เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ใช้เต้าไฟฟ้าขนาด 1500 วัตต์ เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมงและใช้เครื่องซักผ้าขนาด 1000 วัตต์ เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง จงหาพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่ใช้ในวันนั้น เป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง
15. นำแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ ความต้านทานภายใน 0.2 โอห์ม นำมาต่ออนุกรมกับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ความต้านทานภายใน 0.3 โอห์ม อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลเป็นเท่าใด