

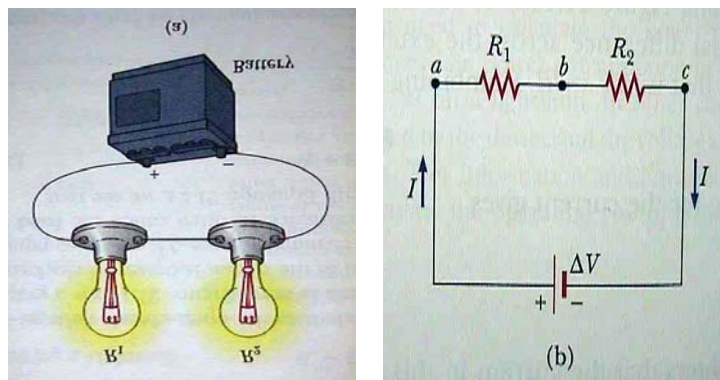
วงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายประกอบด้วย ตัวต้านทานที่มีความต้านทาน (R) ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ให้ความต่างศักย์ (\mathcal{E}) กับวงจร เช่น แบตเตอรี่ หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

กำหนดให้ r คือความต้านภายในของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สามารถใช้กฎของโอห์ม หากกระแสไฟฟ้า (I) ที่ไหลในวงจรได้ดังนี้

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \tag{7-1}$$

7.1 การต่อตัวต้านทาน

7.1.1 การต่อแบบอนุกรม (Series Combination) สามารถคำนวณความต้านทานรวมได้ดังนี้



ภาพที่ 7-1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

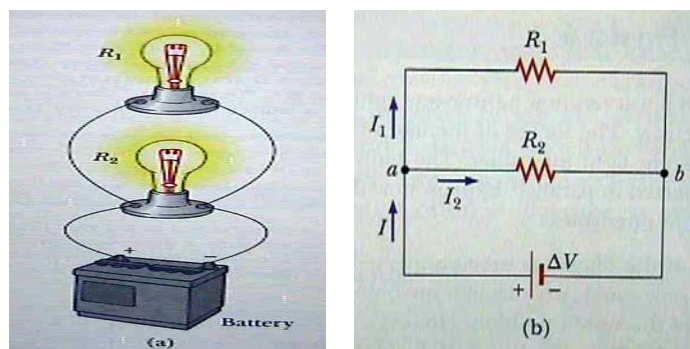
$$\Delta V = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) \tag{7-2}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \tag{7-3}$$

ถ้าต่ออนุกรมหลาย ๆ ตัว ความต้านทานรวม คือ

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots = \sum R_i \tag{7-4}$$

7.1.2 การต่อแบบขนาน (Parallel Combination) สามารถคำนวณความต้านทานรวมได้ดังนี้



ภาพที่ 7-2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} \quad (7-5)$$

$$\Delta V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \Delta V \cdot \frac{1}{R_{eq}} \quad (7-6)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (7-6)$$

ถ้าต่อขนานหลาย ๆ ตัว ความต้านทานรวมคือ

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (7-7)$$

7.2 พลังงานไฟฟ้าและกำลัง

เมื่อกระแสไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรจะเกิดการสูญเสียพลังงาน อัตราการสูญเสียพลังงานเรียกว่ากำลังไฟฟ้า (P)

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Delta V = I \Delta V \quad (7-8)$$

$$P = I \Delta V = I^2 R \quad (7-9)$$

ตัวอย่างที่ 1 : อดไก่ ึ่งเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการอบไก่ ในเตาไฟฟ้า 20A 240V เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กับใช้เตาไมโครเวฟ ที่กำลัง 800 W สุกในเวลา 45 นาที

วิธีทำ :

$$\text{ใช้เตาไฟฟ้า } E = Pt = (I \Delta V)t = (20)(240)(2) = 9.6 \text{ kWh}$$

$$\text{ใช้เตาไมโครเวฟ } E = Pt = (800)(0.75) = 0.6 \text{ kWh}$$

7.3 กฎของเคอร์ชอฟ

กฎของเคอร์ชอฟ ช่วยในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อนมากขึ้น มี 2 ข้อ

1. Junction Rule ผลรวมของกระแสเข้าสู่จุดใดจุดหนึ่งต้องมีค่าเท่ากับผลรวมกระแสที่ออกจากจุดนั้น แสดงถึง การอนุรักษ์ประจุ
2. Loop Rule ผลรวมความต่างศักย์คร่อมอุปกรณ์ทั้งหมดในวงที่ครอบรอบ (loop) ต้องมีค่าเป็น 0 แสดงถึง การอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอย่างที่ 2 : (Serway28.8) Applying Kirchoff's Law จงหากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทั้งสามในวงจร

วิธีทำ : แบ่งวงจรเป็น 2 วง กำหนดกระแส $I_1 + I_2 = I_3$

- Loop abcda:

$$-(4\Omega)I_2 - 14V + (6\Omega)I_1 - 10V = 0$$

- Loop befcb:

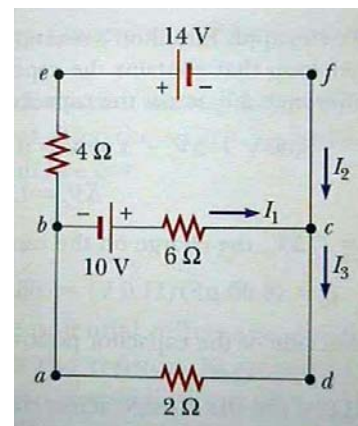
$$10V - (6\Omega)I_1 - (2\Omega)I_3 = 0$$

แก้สมการ จะได้

$$I_1 = 2A; \quad I_2 = -3A; \quad I_3 = -1A$$

กระแสที่มีค่าติดลบ หมายความว่าทิศการไหลของกระแส

สวนทิศกับทิศที่สมมติ



ภาพที่ 7-3 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 3 : (Serway28.9) A Multiloop Circuit จากวงจรดังภาพ จงหากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทั้งสาม และจงหาค่าประจุที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ

วิธีทำ : แบ่งวงจรเป็น 3 วง กำหนดกระแส $I_3 = I_1 + I_2$ ดังภาพ

และ I ในวงล่างเป็น 0 เนื่องจากตัวเก็บประจุเมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ

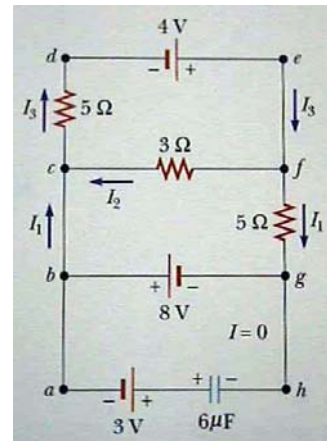
- Loop cdef $4V - I_2(3\Omega) - I_3(5\Omega) = 0$
- Loop bcfg $-(-I_2(3\Omega)) - I_1(5\Omega) + 8V = 0$

แก้สมการหาค่ากระแสแต่ละตัว ได้ว่า

$I_2 = -0.364$ A (หมายความว่า I_2 กลับทิศ) $I_1 = 1.38$ A และ $I_3 = 1.02$ A

- พิจารณา Loop abgh $-8V + \Delta V - 3V = 0$

นั่นคือ $\Delta V = 11V$ จะได้ $Q = C \Delta V = (6 \mu F)(11V) = 66 \mu C$

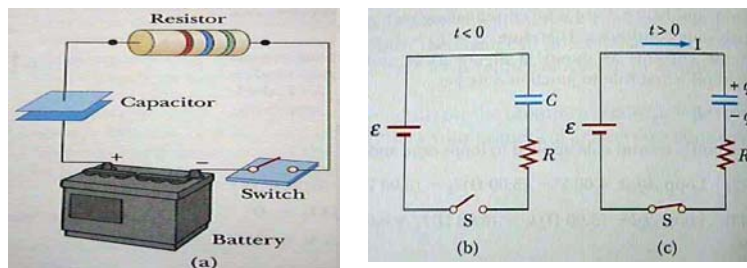


ภาพที่ 7-4 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 3

7.4 วงจร RC

วงจร RC เป็นวงจรที่นำ ตัวเก็บประจุมาต่อกับตัวต้านทานและแบตเตอรี่ การศึกษาแบ่งเป็น 2 กรณี คือ Charge และ Discharge ตัวเก็บประจุ

7.4.1 การใส่ประจุให้ตัวเก็บประจุ (Charging a Capacitor) เป็นการใส่ประจุให้กับตัวเก็บประจุ สามารถทำได้โดยต่อวงจรดังภาพ



ภาพที่ 7-5 การต่อวงจร RC เพื่อใส่ประจุให้ตัวเก็บประจุ

ในการระหว่างการใส่ประจุ ประจุจะไม่สามารถเคลื่อนที่ข้ามจากแผ่นหนึ่งไปยังอีกแผ่นได้ และเมื่อการใส่ประจุเต็ม กระแสในวงจรก็จะไม่ไหลอีกต่อไป ใช้ Loop Rule ของเคอร์ชอฟจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\varepsilon - \frac{q}{C} - R \frac{dq}{dt} = 0 \quad (7-10)$$

โดยที่เทอมที่ 2 และ เทอมที่ 3 คือความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและ ความต่างศักย์คร่อมความต้านทาน ตามลำดับ

จัดสมการที่ 7-10 ให้อยู่ในรูปดังนี้

$$\frac{dq}{dt} = \frac{1}{R} \left(\varepsilon - \frac{q}{C} \right) = - \left(\frac{q - C\varepsilon}{RC} \right)$$

$$\frac{dq}{q - C\varepsilon} = - \frac{1}{RC} dt$$

$$\int_0^q \frac{dq}{q - C\varepsilon} = - \int_0^t \frac{1}{RC} dt$$

$$\ln\left(\frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon}\right) = -\frac{t}{RC}$$

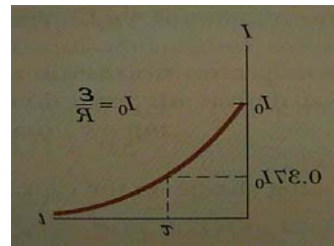
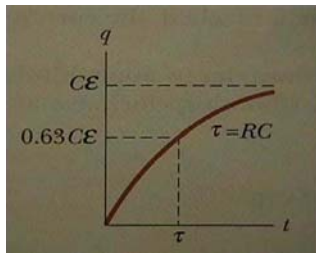
$$\frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon} = e^{-t/RC} \quad (7-11)$$

$$q = \varepsilon C [1 - e^{-t/RC}]$$

$$q = Q [1 - e^{-t/RC}]$$

$$Q = C\varepsilon$$

$$I = \frac{dq}{dt} = I_0 e^{-t/RC}$$



ภาพที่ 7-6 กราฟแสดงประจุและกระแสในวงจร RC ที่เป็นฟังก์ชันของเวลาที่ซาร์จ

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงประจุในวงจรตามเวลาและ กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงกระแสสามารถเขียนได้ดังภาพ เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับค่าคงที่เวลา (Time Constant หรือ τ) นั่นคือเมื่อ $t = \tau = RC$ ประจุจะเป็น 63% ของค่าสูงสุดและ กระแสจะเป็น 37% ของค่าเริ่มต้น

7.4.2 การคายประจุของตัวเก็บประจุ (Discharging Capacitor) เป็นการนำตัวเก็บประจุที่มีประจุสะสมอยู่มากมาย ประจุใช้ในวงจร

โดยใช้ Loop Rule ของเคอร์ชอฟ

$$-\frac{q}{C} - IR = 0 \rightarrow -R \frac{dq}{dt} = \frac{q}{C} \quad (7-12)$$

$$\int_Q^q \frac{dq}{q} = \int_0^t -\frac{1}{RC} dt$$

$$\ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC} \quad (7-13)$$

$$q(t) = Q e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} (Q e^{-\frac{t}{RC}}) = -\frac{Q}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

ประจุและกระแสจะลดลงตามเวลาแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

ตัวอย่างที่ 4 : (Serway28.11) Charging a Capacitor ตัวเก็บประจุ $5 \mu\text{F}$ ที่ยังไม่มีการประจุ ถูกต่อเข้ากับตัวต้านทาน $8 \times 10^5 \Omega$ แหล่งจ่ายไฟฟ้า 12 V จงหาค่าประจุและกระแสสูงสุด และ จงหาประจุและกระแสเมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับค่า Time Constant

วิธีทำ : กรณีชาร์จตัวเก็บประจุ

$$q_{\max} = C\varepsilon = (5 \times 10^{-6})(12) = 60 \mu\text{C}$$

$$I_{\max} = \varepsilon / R = 12 / (8 \times 10^5) = 15 \mu\text{A}$$

$$q = Q \left[1 - e^{-t/RC} \right] = (5 \mu\text{F} \times 12\text{V}) \left[1 - e^{-\frac{-RC}{RC}} \right] = 3.8 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$I = I_0 e^{-t/RC} = \frac{12}{8 \times 10^5} e^{-\frac{-RC}{RC}} = 5.5 \times 10^{-6} \text{ A}$$

ตัวอย่างที่ 5 : (Serway28.12) Discharging a Capacitor ตัวเก็บประจุที่ได้รับการชาร์จมาก่อน ถูกต่อเข้ากับความต้านทาน R จงคำนวณว่าประจุจะลดลงเหลือ $1/4$ เมื่อเวลาผ่านไปกี่เท่าของค่า Time Constant และจงหาพลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุที่เวลาใด ๆ

วิธีทำ : กรณีดีสชาร์จตัวเก็บประจุ

$$q = Q e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\frac{Q}{4} = Q e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow -\ln 4 = -\frac{t}{RC}$$

$$t = RC \ln 4 = 1.39RC$$

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{(Q e^{-\frac{t}{RC}})^2}{2C} = \frac{Q^2}{2C} e^{-\frac{2t}{RC}}$$

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

