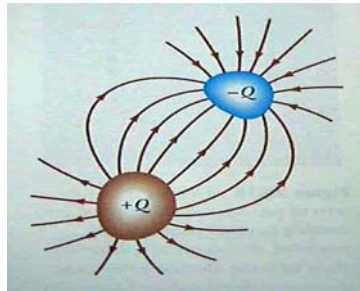


ตัวนำสองตัวที่มีประจุชนิดตรงข้ามกัน เมื่ออยู่ใกล้กันแต่ไม่สัมผัสกัน สามารถ“สะสม”พลังงานศักย์ไฟฟ้าไว้ได้ เรียก
ระบบนี้ว่าตัวเก็บประจุ



ภาพที่ 5-1 หลักการพื้นฐานของการเก็บประจุ

นิยามความจุไฟฟ้า (C) ของตัวเก็บประจุได้ว่า

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V} \quad (5-1)$$

ความจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (F) โดย $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$

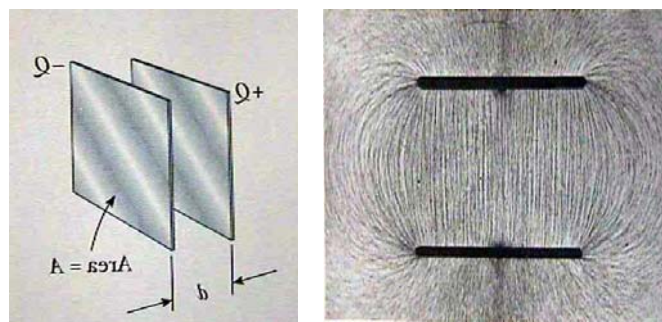
5.1 ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

ภาพที่ 5-2 แสดงสนามไฟฟ้าของแผ่นเก็บประจุแบบขนาน เส้นแรงไฟฟ้าระหว่างแผ่นจะขนานกัน
สำหรับตัวเก็บประจุแผ่นขนาน

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

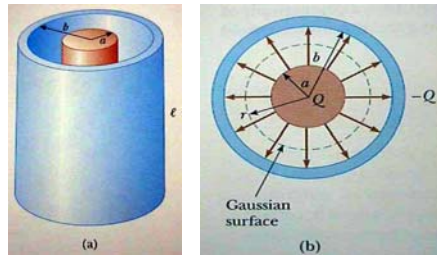
$$\Delta V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A} \quad (5-2)$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



ภาพที่ 5-2 ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน มีสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคงที่

ตัวอย่างที่ 1 : (Serway26.2) The Cylindrical Capacitor จงคำนวณค่าความจุไฟฟ้าของทรงกระบอกตัวนำ (ดังภาพ) ให้ทรงกระบอกส่วนในมีประจุ $+Q$ มีรัศมีเป็น a และทรงกระบอกส่วนนอก ซึ่งมีประจุ $-Q$ มีรัศมีเป็น b ทรงกระบอกทั้งสองส่วนมีความยาวเท่ากัน /



ภาพที่ 5-3 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1

วิธีทำ : คำนวณสนามไฟฟ้าในตัวเก็บประจุ โดยใช้กฎของเกาส์

$$E = \frac{2k_e \lambda}{r}$$

หาค่าความต่างศักย์

$$V_b - V_a = -\int_a^b E_r dr = -2k_e \lambda \int_a^b \frac{dr}{r} = -2k_e \frac{Q}{l} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

ใช้นิยามความจุไฟฟ้า

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{2k_e \frac{Q}{l} \ln\left(\frac{b}{a}\right)} = \frac{l}{2k_e \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

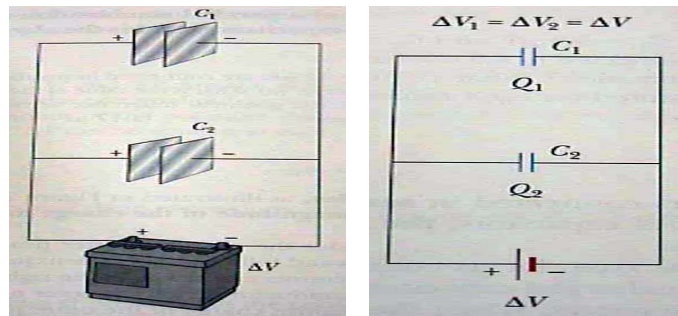
5.2 การต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้า

5.2.1 การต่อแบบขนาน (Parallel Combination) เขียนเป็นแผนภาพได้ดังภาพ

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 \cdot \Delta V + C_2 \cdot \Delta V$$

$$Q = (C_1 + C_2) \Delta V$$

$$C = C_1 + C_2$$



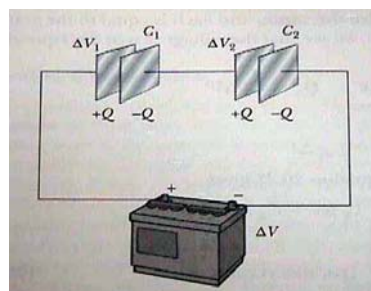
ภาพที่ 5-4 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

5.2.2 การต่อแบบอนุกรม (Series Combination) เขียนเป็นแผนภาพได้ดังภาพ

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



ภาพที่ 5-5 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

5.3 พลังงานที่เก็บในตัวเก็บประจุ

งานที่เกิดขึ้นเมื่อเคลื่อนประจุ dq ระหว่างแผ่นที่มีประจุ $-q$ กับ $+q$

$$dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq$$

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{C} \int_0^Q q dq = \frac{Q^2}{2C} \quad (5-3)$$

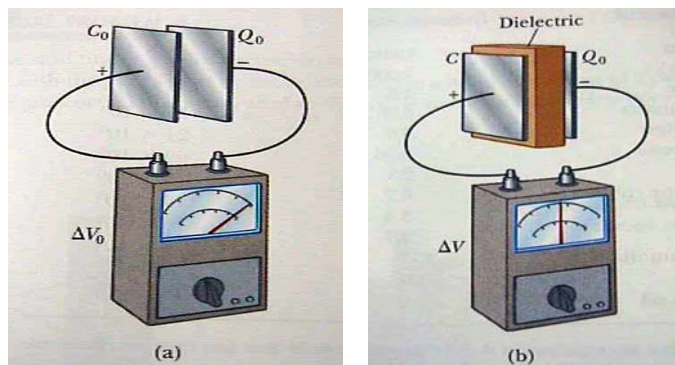
$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$

สำหรับตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

$$U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 A d E^2 \quad (5-4)$$

5.4 ตัวเก็บประจุที่มีสารไดอิเล็กตริก

จากสมการ 5-2 ค่าความจุแปรผันตรงกับขนาดของแผ่นและผกผันกับระยะห่าง ในทางทฤษฎีสามารถเพิ่มค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุโดยการปรับค่า d แต่ในความเป็นจริง ถ้าค่า d น้อยเกินไปเมื่อเทียบกับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้ จะทำให้อากาศแตกตัวเป็นประจุบวกและลบ เกิดการนำไฟฟ้าระหว่างแผ่นบวกและแผ่นลบได้



ภาพที่ 5-6 การแทรกแผ่นสารไดอิเล็กตริกระหว่างตัวเก็บประจุในภาพ (b) ทำให้ความต่างศักย์ลดลง ความจุไฟฟ้ามากขึ้น

ในทางปฏิบัติ สามารถเพิ่มค่าความจุของตัวเก็บประจุได้โดยการแทรกสารที่มีสมบัติไดอิเล็กตริก ระหว่างแผ่นเก็บประจุ ซึ่งจะทำให้ความต่างศักย์เปลี่ยนไปดังนี้

$$\Delta V = \frac{\Delta V_0}{\kappa} \quad (5-5)$$

ค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มเป็น

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\Delta V_0 / \kappa} = \kappa \frac{Q}{\Delta V_0} = \kappa C_0 \quad (5-6)$$

โดยที่ ค่า κ ในสมการมีชื่อว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant) เป็นคนละตัวกับค่า Dielectric Strength

ค่า Dielectric Strength เป็นค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดที่วัสดุทนได้ ถ้าสนามไฟฟ้าเกินกว่านี้วัสดุจะแตกตัวเป็นประจุบวกและลบ

ตัวอย่างที่ 3 : (Serway26.6) A Paper-Filled Capacitor ตัวเก็บประจุแบบแผ่นสี่เหลี่ยมขนาน กว้าง 2cm ยาว 3cm ระหว่างกลางมีกระดาษ ($k=3.7$, Dielectric Strength $=16 \times 10^6$ V/m) หนา 1mm แทรกอยู่ จงหาความจุไฟฟ้า, ประจุสูงสุดที่เก็บได้ และพลังงานสูงสุดที่เก็บได้

วิธีทำ :


$$C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d} = 3.7(8.85 \times 10^{-12}) \frac{6 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}} = 20 \times 10^{-12} F$$

$$\Delta V_{\max} = E_{\max} d = (16 \times 10^6)(10^{-3}) = 16 \times 10^3 V$$

$$Q_{\max} = C \Delta V_{\max} = (20 \times 10^{-12})(16 \times 10^3) = 0.32 \mu C$$

$$U_{\max} = \frac{1}{2} C \Delta V_{\max}^2 = \frac{1}{2} (20 \times 10^{-12})(16 \times 10^3)^2 = 2.6 \times 10^{-3} J$$

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	ตารางธาตุไทย1) 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	

