

บทที่ 13 ไฟฟ้าสถิต

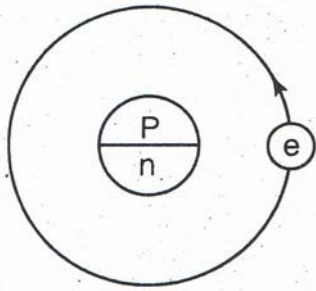
13.1 ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต

นักฟิสิกส์ได้จัดแรงพื้นฐานในธรรมชาติออกเป็น 4 แรง ได้แก่ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงอ่อนและแรงเข้ม แรงไฟฟ้าซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งในบทนี้จะได้ศึกษาแรงไฟฟ้า

13.1.1 ประจุไฟฟ้าและกฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า

13.1.1.1 ประจุไฟฟ้า

โครงสร้างอะตอม



อนุภาค	ประจุ	มวล
อิเล็กตรอน	$-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
โปรตอน	$+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
นิวตรอน	กลาง	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

ทาลีส เป็นนักปราชญ์ชาวกรีก เป็นคนแรกที่พบว่าถ้านำแท่งอำพันมาถูกับผ้าขนสัตว์จะสามารถดูดวัตถุเบาๆ ขึ้นมาได้ เรียกอำนาจนั้นว่าไฟฟ้าสถิต

ประจุไฟฟ้า คือ อำนาจทางไฟฟ้า

ชนิดของประจุมี 2 แบบ คือ ประจุบวก และประจุลบ

1. ประจุบวก คือ จำนวนโปรตอนมากกว่าจำนวนอิเล็กตรอน ($p > e$)
2. ประจุลบ คือ จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน ($e > p$)

หมายเหตุ วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า คือ มีโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน ($p = e$)

แรงระหว่างประจุมี 2 แบบ คือ แรงดูดและแรงผลัก

ประจุเหมือนกันออกแรงผลักกัน	ประจุต่างกันออกแรงดูดกัน
<p style="text-align: center;">แรงผลัก</p>	<p style="text-align: center;">แรงดูด</p>

13.1.1.2 กฎการอนุรักษ์ประจุ

การทำให้อัตุมีประจุไฟฟ้าด้วยวิธีต่างๆ ไม่ใช่เป็นการสร้างประจุขึ้นมาใหม่แต่เป็นการเคลื่อนย้ายประจุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งจะได้ว่าผลรวมของจำนวนประจุทั้งหมดคงที่เท่าเดิม การทำให้อัตุมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเกิดประจุ

การทำให้อัตุมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเกิดประจุทำได้ 3 วิธี

1. การขจัดสี คือ การนำวัตถุ 2 ชนิดที่ต่างกันมาขจัดสีกัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนประจุ
2. การแตะสัมผัส คือ การนำวัตถุที่มีประจุมาแตะวัตถุที่เป็นกลางหรือมีประจุก็ได้การหาประจุหลังแตะ
3. การเหนี่ยวนำ

การถ่ายประจุไฟฟ้าเมื่อแตะกัน

จะเกิดขึ้นเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยหลังถ่ายประจุแล้ว วัตถุทั้งสองจะต้องมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน โดยประจุไฟฟ้ารวมจะยังคงเท่าเดิม

ตัวนำมีประจุ Q_1 รัศมี r_1 และกับตัวนำมีประจุ Q_2 รัศมี r_2 หลังแตะ ตัวนำแต่ละตัวจะมีประจุ

$$Q'_1 = \left(\frac{\sum Q}{\sum r} \right) r_1 \quad \text{และ} \quad Q'_2 = \left(\frac{\sum Q}{\sum r} \right) r_2$$

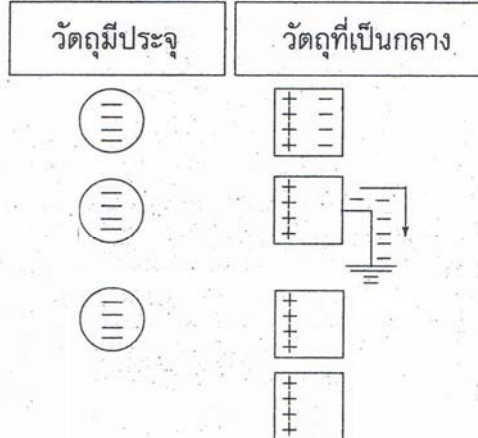
สายดิน (\equiv) คือการทำให้วัตถุที่มีประจุหมดไป



13.1.2 การเหนี่ยวนำ คือ การนำวัตถุที่มีประจุมาเข้าใกล้วัตถุที่มีประจุหรือวัตถุที่เป็นกลางก็ได้หลังการเหนี่ยวนำแล้วประจุที่เกิดขึ้นจะชนิดตรงข้ามกับที่มาเหนี่ยวนำ

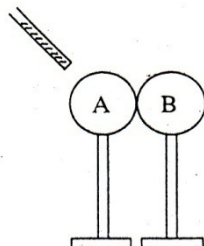
ขั้นตอนการเหนี่ยวนำมี 4 ขั้นตอน

- 1) นำวัตถุที่มีประจุมาเข้าใกล้วัตถุที่เป็นกลางก่อน
- 2) นำสายดินมาต่อวัตถุที่เป็นกลาง
- 3) นำสายดินออกก่อน
- 4) ค่อยนำวัตถุที่มาเหนี่ยวนำออก



แบบฝึกหัดทบทวน 13.1

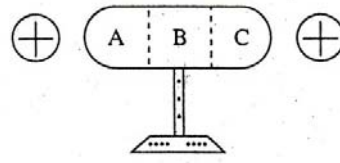
1. ทรงกลมโลหะ A และ B วางสัมผัสกันโดยยึดไว้ด้วยฉนวน เมื่อนำแท่งอิโบนีท์ ซึ่งมีประจุลบเข้าใกล้ทรงกลม A ดังรูป จะมีประจุไฟฟ้าชนิดใดเกิดขึ้นที่ตัวนำทรงกลมทั้งสอง



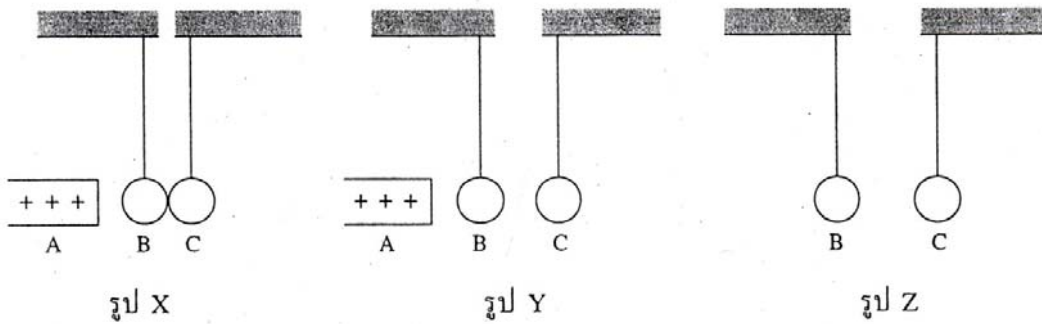
1. ทรงกลมทั้งสองมีประจุบวก
2. ทรงกลมทั้งสองมีประจุลบ
3. ทรงกลม A มีประจุบวก และทรงกลม B มีประจุลบ
4. ทรงกลม A มีประจุลบ และทรงกลม B มีประจุบวก

2. โลหะทรงกระบอกยาวปลายมนเป็นกลางทางไฟฟ้าตั้งอยู่บนฐานที่เป็นฉนวน ถ้านำประจุบวกขนาดเท่ากันมาใกล้ปลายทั้งสองข้างพร้อมกัน โดยระยะห่างจากปลายเท่า ๆ กัน ตามลำดับ การกระจายของประจุบนส่วน A ส่วน B และ C ของทรงกระบอกเป็นอย่างไร

1. A และ C เป็นลบ แต่ B เป็นกลาง
2. A และ C เป็นกลาง แต่ B เป็นบวก
3. A และ C เป็นบวก แต่ B เป็นลบ
4. A และ C เป็นลบ แต่ B เป็นบวก



3. วัตถุ A มีประจุไฟฟ้าบวกอิสระ ตัวนำ B และ C ห้อยจากฉนวนไฟฟ้า รูป X นำวัตถุ A เข้าไปใกล้ตัวนำ B และ C ซึ่งสัมผัสกันอยู่ รูป Y แสดงการแยกวัตถุ B และ C ออกจากกัน รูป Z ยกวัตถุ A ออกไปให้เหลือน้อยแต่ B และ C ตัวนำ B และ C จะมีประจุชนิดใด



1. B มีประจุบวก และ C มีประจุบวก
 2. B มีประจุลบ และ C มีประจุลบ
 3. B มีประจุบวก และ C มีประจุลบ
 4. B มีประจุลบ และ C มีประจุบวก
4. ตัวนำทรงกลม A, B, C, และ D มีขนาดเท่ากันและเป็นกลางทางไฟฟ้าวางติดกันตามลำดับอยู่บนฉนวนไฟฟ้า นำแท่งประจุลบเข้าใกล้ทรงกลม D แล้วแยกให้ออกจากกันทีละลูก โดยเริ่มจาก A ก่อนจนกระทั่งถึง C หลังจากแยกกันแล้ว ประจุที่อยู่บนทรงกลมแต่ละลูกเรียงตามลำดับจะเป็นดังนี้

1. ลบ กลาง ลบ บวก
2. ลบ บวก บวก บวก
3. ลบ กลาง กลาง บวก
4. ลบ ลบ ลบ บวก

5. เมื่อนำตัวนำ A ซึ่งมีประจุ $+4\mu\text{C}$ และกับกับตัวนำ B ซึ่งมีประจุ $-10\mu\text{C}$ อีกสักครู่ต่อมาแยกตัวนำทั้งสองออกจากกันวางบนพื้นฉนวน จงหาว่าตัวนำแต่ละตัวจะมีประจุเท่าไร

1. $-3\mu\text{C}$
2. $-6\mu\text{C}$
3. $-14\mu\text{C}$
4. $+4\mu\text{C}$

6. ตัวนำทรงกลม A และ B มีรัศมีของทรงกลมเป็น r และ $2r$ ตามลำดับ ถ้าตัวนำ A มีประจุ Q และตัวนำ B มีประจุ $-2Q$ เมื่อเอามาแตะกันแล้วแยกออก จงหาประจุของตัวนำ A

1. $-Q$
2. $-\frac{Q}{2}$
3. $-\frac{2Q}{3}$
4. $-\frac{Q}{3}$

7. (มข.53) วัตถุมี 4 ชิ้นคือ A B C และ D เมื่อนำวัตถุสองชิ้นเข้ามาใกล้กันเพื่อทดสอบความเป็นประจุไฟฟ้า พบว่า A กับ B ผลักกัน A กับ C ดูดกัน ส่วน D ดูดกับ B และ D ก็ดูดกับ C ข้อใดเป็นข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง

1. A และ B มีประจุไฟฟ้า
2. A และ B มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน
3. D และ C ทั้งคู่มีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามกับ A
4. D หรือ C ตัวใดตัวหนึ่งมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามกับ A

13.2 กฎของคูลอมบ์

กฎของคูลอมบ์ "แรงระหว่างประจุไฟฟ้าคู่หนึ่ง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของประจุแต่เป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะทาง ระหว่างประจุคู่นั้น"

ประจุเหมือนกัน (ออกแรงผลักกัน)

ประจุต่างกัน (ออกแรงดูดกัน)

เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F \propto Q_1 Q_2 \dots\dots\dots(1)$$

$$F \propto \frac{1}{r^2} \dots\dots\dots(2)$$

จาก (1) และ (2) จะได้ว่า

$$F = \frac{KQ_1 Q_2}{r^2}$$

เมื่อ F คือ แรงระหว่างประจุ (N)

Q_1, Q_2 คือ ประจุไฟฟ้า (C)

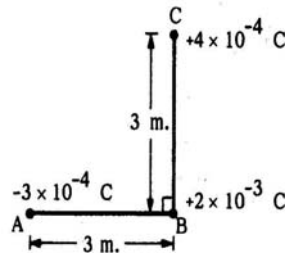
R คือ ระยะห่างระหว่างประจุ (m)

K คือ ค่าคงที่เท่ากับ $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

เนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เวลาคำนวณต้องคิดทิศทางด้วย แต่ไม่ต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุ

แบบฝึกหัด 13.2

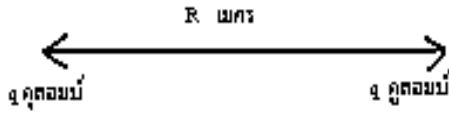
- จุดประจุหนึ่ง มีประจุ $+6.4 \times 10^{-6} \text{ C}$ จุดประจุนี้มีจำนวนโปรตอนอยู่ทั้งหมดเท่าไร
- อนุภาค A มีประจุเป็น 2 เท่าของประจุ บนอนุภาค B ประจุทั้งสองอยู่ห่างกัน 3 ซม. เกิดแรงกระทำ 20 นิวตัน จงหาประจุ บนอนุภาค B
- จงหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้า $+50 \text{ ไมโครคูลอมบ์}$ วางอยู่ห่างกัน 5 มม. ในอากาศ
- ลูกพิทมวล 0.72 กรัม มีประจุ $25 \times 10^{-6} \text{ C}$ วางอยู่เหนือจุดประจุ 2 จุด ที่ขนาดประจุเท่ากับ Q และผูกติดกันห่างกัน 6 ซม. จะต้องใช้ประจุ Q เป็นปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้ลูกพิทลอยอยู่เหนือจุดกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสองเป็นระยะทาง 4 ซม.
- ตัวนำทรงกลม A และ B มีประจุ 0.1, 0.2 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ วางห่างกัน 5 ซม. บนพื้นระนาบผิวเกลี้ยงที่เป็นฉนวน เมื่อปล่อยทรงกลมทั้งสองออกพร้อมๆ กัน ให้เคลื่อนที่โดยอิสระ จงหาความเร่งของทรงกลม B ขณะที่ทรงกลมทั้งสองอยู่ห่างกัน 30 ซม. กำหนดมวล B มีค่าเท่ากับ 0.4 กรัม
- ประจุไฟฟ้า $-3 \times 10^{-4} \text{ C}$, $+2 \times 10^{-3} \text{ C}$ และ $+4 \times 10^{-4} \text{ C}$ วางอยู่ที่จุด A, B และ C ดังรูป แรงกระทำที่มีต่อประจุ $+2 \times 10^{-3} \text{ C}$ มีขนาดเท่าใด



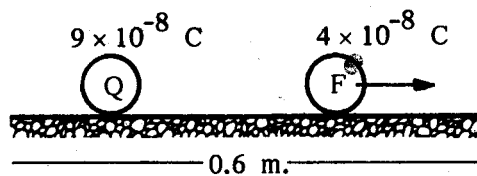
แบบฝึกหัดทบทวน 13.2

คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. ประจุ q C 2 ตัว วางห่างกัน r เมตร เกิดแรงระหว่างประจุ = F นิวตัน ถ้าเอาประจุ $3q$ C วางห่างจาก q คูლობบ์ เป็นระยะ r เมตร จะเกิดแรงระหว่างประจุเท่าไร

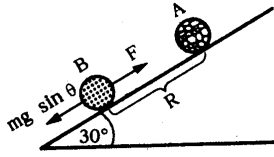


1. F นิวตัน 2. 2F นิวตัน 3. 3F นิวตัน 4. 4F นิวตัน
2. เมื่อวางลูกพิทที่มีประจุห่างกัน 4 เซนติเมตร ปรากฏว่ามีแรงกระทำต่อกัน 10^{-4} N ถ้าวางลูกพิททั้งสองห่างกัน 8 เซนติเมตร จะมีแรงกระทำระหว่างกันเท่าใด
1. 2.5×10^{-5} N 2. 6.5×10^{-5} N 3. 2.5×10^{-6} N 4. 6.5×10^{-6} N
3. จุดประจุขนาด $6 \mu\text{C}$ 3 จุดประจุ วางห่างกันเป็นแนวเส้นตรงห่างกันช่วงละ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อจุดประจุดตรงจุดกึ่งกลาง เมื่อจุดประจุที่ปลายข้างหนึ่งเป็นชนิดลบ และตรงจุดกึ่งกลางกับปลายอีกข้างหนึ่งเป็นชนิดบวก
1. 3.6 นิวตัน 2. 4.8 นิวตัน 3. 5.6 นิวตัน 4. 7.2 นิวตัน
4. ทรงกลมขนาดเท่ากัน 2 อัน แต่ละอันมีรีซีมี 1 เซนติเมตร ทรงกลมอันแรกมีประจุ 3×10^{-5} C อันหลัง -1×10^{-5} C เมื่อให้ทรงกลมทั้งสองแตะกัน แล้วแยกนำไปวางไว้ให้ผิวทรงกลมทั้งสองห่างกัน 1 เซนติเมตร ขนาดของแรงระหว่างทรงกลมเป็นเท่าใด
1. 10 นิวตัน 2. 90 นิวตัน 3. 190 นิวตัน 4. 1,000 นิวตัน
5. จุดประจุ 2 จุดขนาด 4 ไมโครคูლობบ์ และ -6 ไมโครคูლობบ์ วางห่างกันเป็นระยะ d เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุ 12 นิวตัน ถ้านำไปวางห่างกัน $d/2$ เซนติเมตรจะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสองขนาดเท่าไร
1. 3 นิวตัน 2. 6 นิวตัน 3. 24 นิวตัน 4. 48 นิวตัน
6. ทรงกลมตัวนำ F และ Q ประจุไฟฟ้า 4×10^{-8} C และ 9×10^{-8} C ตามลำดับ วางห่างกัน 0.6 เมตร บนพื้นระนาบเกลี้ยงที่เป็นฉนวน ถ้า F มีมวล 0.15 กรัม จงหาความเร่งของทรงกลม F ทันทีที่ปล่อยมีค่าเท่าไร
1. 0.5 เมตร/วินาที²
 2. 0.6 เมตร/วินาที²
 3. 0.7 เมตร/วินาที²
 4. 0.8 เมตร/วินาที²



7. อนุภาค A มีประจุเป็น 2 เท่าของประจุนอนุภาค B อยู่ห่างกัน $\sqrt{1.8}$ เซนติเมตร เกิดแรงกระทำ 1 นิวตัน ประจุนอนุภาค B มีค่าเท่าไร
1. 1.0×10^{-7} คูლობบ์ 2. 2.0×10^{-7} คูლობบ์
 3. 1.0×10^{-6} คูლობบ์ 4. 2.0×10^{-6} คูლობบ์

8.



A มีประจุ -1.0×10^{-6} คูโลมบ์ ตรึงอยู่กับพื้นเอียงลื่น และเป็นฉนวน B มีประจุ $+1.0 \times 10^{-5}$ คูโลมบ์ มีมวล 2 กรัม อยู่บนพื้นเอียงนิ่งๆ อยากทราบว่า B อยู่ห่าง A เท่าไร

1. 2.4 เมตร 2. 3.0 เมตร 3. $3\sqrt{3}$ เมตร 4. 6.0 เมตร

9. (มข.50) ประจุ $+Q$ และประจุ $+4Q$ วางห่างกันเป็นระยะทาง R ทำให้เกิดแรงกระทำต่อประจุ $+Q$ มีขนาดเท่ากับ F อยากทราบว่า จะเกิดแรงกระทำต่อประจุ $+4Q$ ขนาดเท่าไร

1. F 2. $4F$ 3. $16F$ 4. $F/4$

10. (มข.51) จุดประจุ 4 ไมโครคูโลมบ์ 3 จุดประจุ วางเรียงกันเป็นแนวเส้นตรงห่างกันช่วงละ 30 เซนติเมตร โดยที่จุดประจุที่ปลายข้างหนึ่งเป็นชนิดลบ ส่วนตรงกลางกับปลายอีกข้างหนึ่งเป็นชนิดบวก อยากทราบว่าขนาดของแรงที่กระทำต่อจุดประจุที่อยู่ตรงกลางมีค่าเท่ากับกี่นิวตัน กำหนดให้ $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$

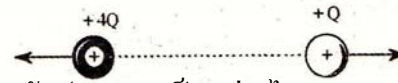
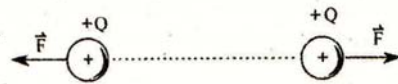
1. 6.4 2. 3.2 3. 1.6 4. ศูนย์

11. (มข.52) จุดประจุ Q และ 4Q วางห่างกัน เป็นระยะทาง R จะเกิดแรงไฟฟ้า F เนื่องจากประจุทั้งสอง แรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับประจุ Q และ 4Q เป็นเท่าไร ตามลำดับ

1. $k \frac{Q^2}{R^2}$ และ $k \frac{Q^2}{R^2}$ 2. $4k \frac{Q^2}{R^2}$ และ $k \frac{Q^2}{R^2}$
 3. $k \frac{Q^2}{R^2}$ และ $4k \frac{Q^2}{R^2}$ 4. $4k \frac{Q^2}{R^2}$ และ $4k \frac{Q^2}{R^2}$

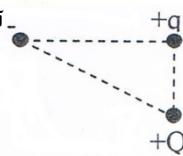
12. (มข.56) จากรูป อนุภาคมีประจุ $+Q$ ออกแรงผลักดันมีขนาด f ถ้าเพิ่มประจุนุภาค แรก $+4Q$ ดังรูป ถัดไปโดยมีระยะห่างระหว่างประจุเท่าเดิมอนุภาคแรกจะผลักดันอนุภาคที่สองด้วยแรงขนาดเท่าไร และอนุภาคที่สองจะผลักดันอนุภาคแรกด้วยขนาดเท่าไร ตามลำดับ

1. $4F$ และ F
 2. $4F$ และ $4F$
 3. F และ F
 4. F และ $4F$



13. (มข.57) จากรูป ทิศทางของแรงที่กระทำกับประจุ $+q$ เป็นอย่างไร

1. ← 2. ↖
 3. ↗ 4. ↙



14. วางจุดประจุบวกสองประจุให้ห่างกัน 4 เมตร โดยประจุทั้งสองมีขนาด $q_1 = +16$ ไมโครคูโลมบ์ และขนาด $q_2 = +40$ ไมโครคูโลมบ์ จากนั้นนำประจุ $q_3 = +2$ ไมโครคูโลมบ์ มาวาง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของเส้นตรงที่เชื่อมประจุ q_1 และ q_2 จงหาขนาดแรงที่กระทำต่อประจุ $q_3 =$ เป็นกี่นิวตัน (กำหนด $k = 9 \times 10^9$ นิวตัน-เมตร²ต่อคูโลมบ์²) (มข.58)

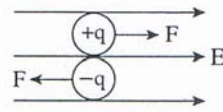
1. 5.4×10^{-2} 2. 9.0×10^{-2}
 3. 0.11 4. 0.18

13.3 สนามไฟฟ้า (Electric field)

13.3.1 ความหมายสนามไฟฟ้า

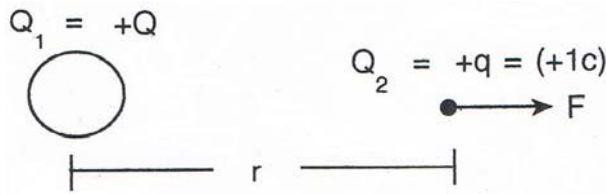
สนามไฟฟ้า (E) คือ แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบหนึ่งหน่วยซึ่งวางไว้ที่ตำแหน่งใด ๆ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์

$$E = \frac{F}{q} \quad \text{หรือ} \quad F = qE$$



โดยทิศของแรง F จะเป็นทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า E เมื่อ q เป็นประจุบวก แต่ทิศของแรง F จะเป็นทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า E เมื่อ q เป็นประจุลบ

13.3.2 สนามไฟฟ้าของจุดประจุ

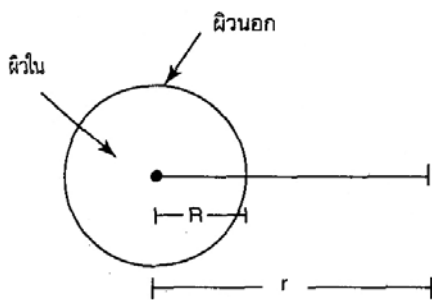


จากสมการ $E = \frac{F}{q}$

แทนค่า F ด้วย $\frac{KQ_1Q_2}{r^2}$ จะได้ว่า $E = \frac{KQ_1Q_2}{r^2q} = \frac{K(+Q)(+q)}{r^2q}$

จะได้ว่า $E = \frac{KQ}{r^2}$

สนามไฟฟ้าในตัวนำทรงกลม



เมื่อ E คือ สนามไฟฟ้า

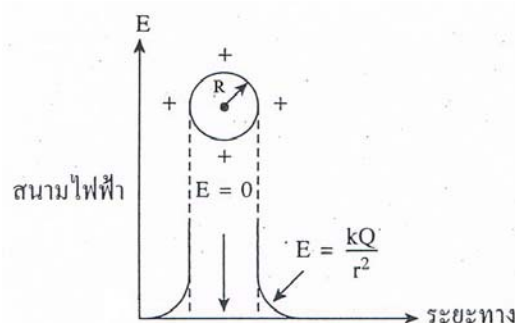
Q คือ ประจุไฟฟ้า

R คือ รัศมีทรงกลม

r คือ ระยะห่าง

K คือ ค่าคงที่เท่ากับ $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

สูตรสนามไฟฟ้า		
ภายในตัวนำทรงกลม	ที่ผิวตัวนำทรงกลม	ที่ผิวนอกตัวนำทรงกลม
$E = 0$	$E = \frac{KQ}{R^2}$	$E = \frac{KQ}{r^2}$



13.3.3 สนามไฟฟ้าของระบบประจุ

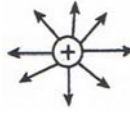
สำหรับระบบประจุ N ประจุ สนามไฟฟ้าลัทธิที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละประจุ

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N$$

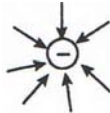
13.3.4 เส้นสนามไฟฟ้า (electric field line)

คุณสมบัติของเส้นสนามไฟฟ้า

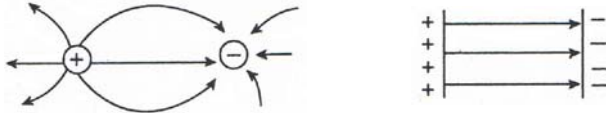
1. ประจุบวกเส้นสนามไฟฟ้าพุ่งออก



2. ประจุลบเส้นสนามไฟฟ้าพุ่งเข้า



3. มีทั้งประจุบวกและลบเส้นสนามไฟฟ้าจะพุ่งจากบวกไปลบ



4. เส้นสนามไฟฟ้าจะไปหยุดหนึ่งที่ผิวของตัวนำทรงกลมไม่พุ่งเข้าไปข้างใน



จุดสะเทิน

จุดสะเทิน (Neutral point) คือจุดในสนามไฟฟ้าที่มีสนามไฟฟ้าอยู่ 2 พวก มีขนาดเท่ากัน แต่ทิศตรงกันข้าม ตำแหน่งของจุดสะเทิน

1. ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน จะเกิดระหว่างประจุทั้งสองและอยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าที่มีอำนาจทางไฟฟ้าน้อย

2. ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน จะเกิดภายนอกของประจุทั้งสอง และอยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าที่มีอำนาจของประจุน้อย

ประจุเหมือนกัน (จุดสะเทินอยู่ข้างใน)	ประจุต่างกัน (จุดสะเทินอยู่ข้างนอก)
<p> $E_1 = E_2$ $\frac{KQ_1}{R_1^2} = \frac{KQ_2}{R_2^2}$ </p>	<p> $E_1 = E_2$ $\frac{KQ_1}{R_1^2} = \frac{KQ_2}{R_2^2}$ </p>

13.3.4 แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้าในแผ่นโลหะคู่ขนาน

ประจุบวกทิศของ F กับ E ทิศเดียวกัน	ประจุลบทิศของ F กับ E ทิศตรงกันข้าม

สูตรสนามไฟฟ้าแม่เหล็กคู่ขนาน $E = \frac{V}{d}$

E = สนามไฟฟ้า หน่วย นิวตัน/คูลอมบ์

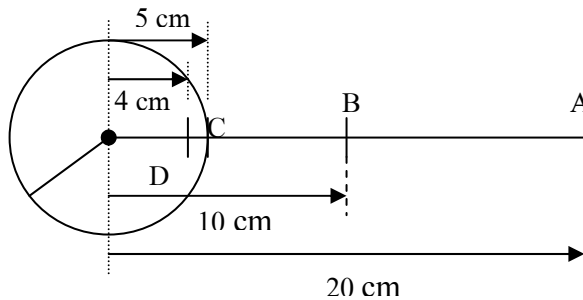
V = ความต่างศักย์ระหว่างแผ่น หน่วย โวลต์

d = ระยะห่าง หน่วย เมตร

ต้องจำ สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์ทิศทางแต่ไม่ต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุ

แบบฝึกหัด 13.3

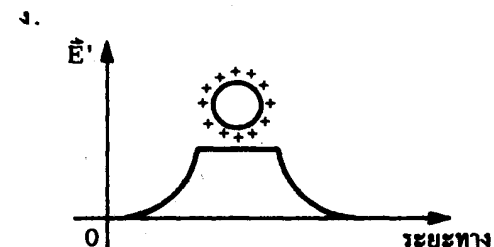
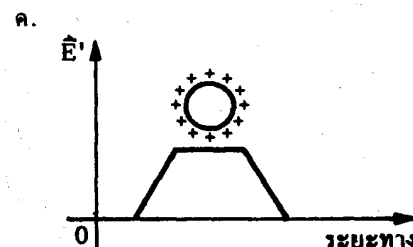
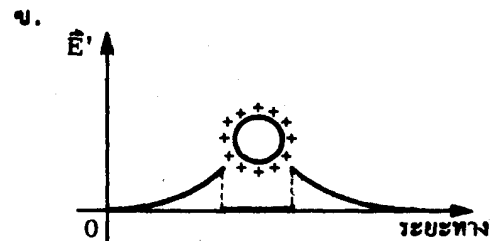
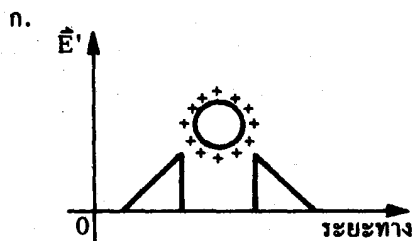
1. จงหาสนามไฟฟ้า ณ จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ 6 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 10 cm
2. ทรงกลมตัวนำเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร มีประจุ 1 ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่า ความเข้มสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 20 , 10 , 5 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ



3. สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากผิวโลกทรงกลมตัวนำลูกหนึ่งมีมวล m แขนงด้วยเชือกภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 5×10^4 นิวตัน/คูลอมบ์ หากทรงกลมมีประจุอยู่ 4×10^{-6} คูลอมบ์ทำให้เชือกแขวนทำมุม 45° กับแนวตั้ง มวลของทรงกลมจะมีค่าเท่าใด
4. จงหาขนาดสนามไฟฟ้า ที่ทำให้อิเล็กตรอน มีแรงทางไฟฟ้าเท่ากับน้ำหนักของมันเอง กำหนดให้มวลของอิเล็กตรอนเท่ากับ 9×10^{-31} กิโลกรัม ประจุของอิเล็กตรอน เท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์
5. นำประจุ $+Q$ คูลอมบ์และ $+4Q$ คูลอมบ์ มาวางห่างกันเป็นระยะ 1 เมตร จงหาว่าจุดสะเทินอยู่ห่างจากจุดที่วาง $+Q$ คูลอมบ์เท่าไร

แบบฝึกหัดบททวน 13.3

- ที่ตำแหน่ง X ห่างจากจุดประจุขนาด 3×10^{-5} C เป็นระยะ 3 m จะมีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็นเท่าไร
 1. 3.0×10^4 N/C 2. 9.0×10^4 N/C 3. 2.7×10^5 N/C 4. 5.4×10^5 N/C
- ตัวนำทรงกลมลูกหนึ่งรัศมีผิวใน 8 cm รัศมีผิวนอก 10 cm มีประจุ 2×10^{-10} C อยากทราบว่าสนามไฟฟ้าที่ผิวในและผิวนอกของทรงกลมมีขนาดเท่าไร
 1. 0, 281 N/C 2. 281, 0 N/C 3. 0, 180 N/C 4. 180, 0 N/C
- ตัวนำทรงกลมลูกหนึ่งรัศมีผิวใน 8 cm รัศมีผิวนอก 10 cm มีประจุ 1×10^{-10} C สนามไฟฟ้าที่ผิวในและผิวนอกของทรงกลมเป็นเท่าใด
 1. 0, 9 N/C 2. 0, 90 N/C 3. 9, 14 N/C 4. 14, 90 N/C
- ที่ตำแหน่งหนึ่งซึ่งห่างจากจุดประจุหนึ่ง เป็นระยะ 3 cm มีขนาดสนามไฟฟ้า 10^4 N/C ขนาดของสนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดนี้ 1 cm เป็นเท่าใด
 1. 0.1×10^4 N/C 2. 0.3×10^4 N/C 3. 3×10^4 N/C 4. 9×10^4 N/C
- หยดน้ำมันมวล 8×10^{-13} kg ถูกทำให้เคลื่อนที่ลงในแนวตั้ง ด้วยความเร็วคงตัวในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าขนาด 5×10^6 N/C ประจุไฟฟ้าบนหยดน้ำมันมีค่าเท่าไร
 1. 1.6×10^{-21} C 2. 1.6×10^{-20} C 3. 1.6×10^{-19} C 4. 1.6×10^{-18} C
- อนุภาคมวล 1×10^{-6} กิโลกรัม มีประจุ 4×10^{-9} คูอมบ์ วางอยู่ในสนามไฟฟ้า 1,000 นิวตัน/คูอมบ์ จงหาความเร่งของอนุภาคนี้
 1. 2 m/s^2 2. 4 m/s^2 3. 6 m/s^2 4. 8 m/s^2
- สนามไฟฟ้าที่จุดใด ๆ หมายถึงข้อใด
 1. ศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยระยะทางของจุดนั้น
 2. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุลบที่วางไว้ ณ จุดนั้น
 3. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้น
 4. จำนวนเส้นที่แสดงทิศของแรงลัพท์ที่กระทำต่อประจุทดสอบ
- รูปแสดงสนามไฟฟ้าของทรงกลมตัวนำเทียบกับระยะทางต่อไปนี้ ข้อใดที่ท่านเห็นว่าถูกต้อง



9. (มข.50) ประจุ $-Q$ และประจุ $-Q$ วางห่างกันเป็นระยะทาง $2R$ ดังรูป จงหาขนาดของสนามไฟฟ้าที่อยู่กึ่งกลาง ระหว่างประจุทั้งสอง



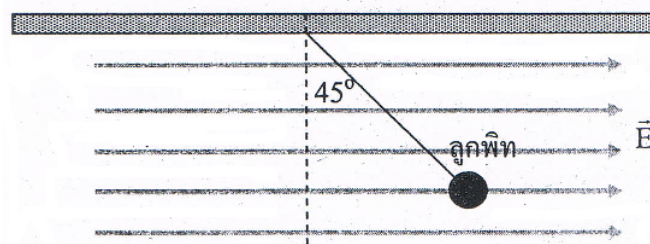
1. 0
2. $\frac{2KQ}{R^2}$
3. $\frac{KQ^2}{R^2}$
4. $\frac{KQ^2}{4R^2}$

10. (มข.52) ที่ระยะห่างจากประจุไฟฟ้า Q เป็นระยะทาง R มีขนาดสนามไฟฟ้าเท่ากับ F ถ้าระยะห่างจากประจุ Q เพิ่มขึ้นเป็น $2R$ จะมีขนาดของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้นเท่ากับเท่าไร

1. $\frac{F}{4}$
2. $\frac{F}{2}$
3. $2F$
4. $4F$

11. (มข.53) มีลูกพิทมวล 10 กรัม ถ้าลูกพิทสูญเสียอิเล็กตรอนไป $1,000,000$ ตัว แล้วถูกนำไปแขวนไว้ในสนามไฟฟ้าที่มีขนาดสม่ำเสมอตั้งรูป สนามไฟฟ้าจะต้องมีขนาดกี่นิวตัน/คูลอมบ์

1. 6.2×10^{11}
2. $6.2\sqrt{2} \times 10^{11}$
3. 6.2×10^{12}
4. $6.2\sqrt{2} \times 10^{12}$

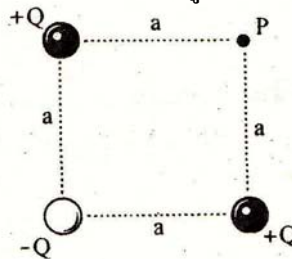


12. (มข.54) ถ้านำลูกพิทมวล 4 กรัมผูกด้วยเชือกเบาแล้วนำไปแขวนในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าคงที่ในแนวราบแล้ว ทำให้ลูกพิทถูกแรงจากสนามกระทำจนเชือกที่แขวนเอียงและนิ่งอยู่ที่มุม 45 กับแนวดิ่งถ้าลูกพิทมีประจุ $+2$ นาโนคูลอมบ์ จงหาขนาดของสนามไฟฟ้า (กำหนดให้ความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 10 เมตร/)

1. 2×10^7 N/C
2. 2×10^4 N/C
3. 4×10^7 N/C
4. 6×10^4 N/C

13. (มข.56) อนุภาคมีประจุสามอนุภาคอยู่ที่มุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังรูป จะเกิดสนามไฟฟ้าที่จุด P มีขนาดเท่าไร กำหนดให้ $\sqrt{2} = 1.4$ และค่าคงที่ของคูลอมบ์ = k

1. 0
2. $\frac{kQ}{a^2}$
3. $0.9 \frac{kQ}{a^2}$
4. $3 \frac{kQ}{a^2}$



14. (มข.57) ถ้านำอิเล็กตรอนไปวางไว้ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่อย่างไร

1. อยู่นิ่งที่เดิม
2. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
3. เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่
4. เคลื่อนที่เป็นวงกลม

15. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก) ณ ตำแหน่งใดๆ ที่มีแรงทางไฟฟ้ากระทำต่อประจุไฟฟ้าได้ บริเวณนั้นมีสนามไฟฟ้า
- ข) เส้นแรงไฟฟ้าจะมีทิศพุ่งออกจากประจุลบเข้าสู่ประจุบวก
- ค) สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์

ข้อที่ถูกต้องคือ

1. ข้อ ก, ข
2. ข้อ ก, ค
3. ข้อ ข, ค
4. ข้อ ก, ข และ ค

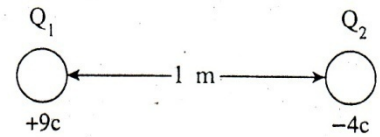
16. สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุสองประจุเท่ากับศูนย์อยู่ที่ตำแหน่งใด
 ก. ถ้าประจุทั้งสองต่างชนิดกันจะอยู่ระหว่างประจุทั้งสอง
 ข. อยู่ใกล้ประจุที่มีค่าน้อย ค. มีเพียงตำแหน่งเดียว
 1. ข้อ ก, ข 2. ข้อ ก, ค 3. ข้อ ข, ค 4. ข้อ ก, ข, ค

17. อนุภาคอันหนึ่งหนัก 10^{-2} N เคลื่อนที่เข้าไปในแผ่นโลหะคู่ขนานที่มีความต่างศักย์ 1.0 โวลต์ โดยมีทิศการเคลื่อนที่ขนานกับแผ่นคู่ขนานเป็น 10^{-2} เมตร จงหาว่าอนุภาคนั้นมีประจุเท่าใด
 1. 0.5×10^{-4} C 2. 0.2×10^{-4} C 3. 1.0×10^{-4} C 4. 2.0×10^{-4} C

18. แผ่นโลหะสองแผ่นวางขนานกัน อยู่ห่างกัน 1 มิลลิเมตร ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองเท่ากับ 90 โวลต์ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่นี้มีค่าเท่าใด
 1. 3,000 N/C 2. 9,000 N/C 3. 30,000 N/C 4. 90,000 N/C

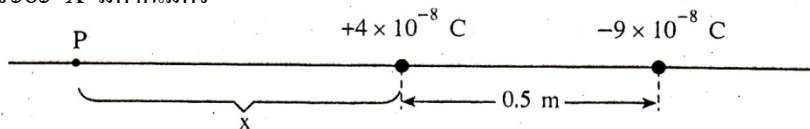
19. นำประจุ +Q คูลอมบ์และ +9Q คูลอมบ์ มาวางห่างกันเป็นระยะ 1 เมตร จงหาว่าจุดสะเทินอยู่ห่างจากจุดที่วาง +Q คูลอมบ์เท่าไร
 1. ห่างจาก +Q คูลอมบ์ ด้านใน 1/3 เมตร 2. ห่างจาก +Q คูลอมบ์ ด้านใน 1/4 เมตร
 3. ห่างจาก +Q คูลอมบ์ ด้านนอก 1/3 เมตร 4. ห่างจาก +Q คูลอมบ์ ด้านนอก 1/4 เมตร

20. จุดประจุ $Q_1 = +9$ คูลอมบ์ และ $Q_2 = -4$ คูลอมบ์ วางอยู่ในอากาศห่างกันเป็นระยะ 1 เมตร ดังรูป จุดที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์จะอยู่ ณ ตำแหน่งใด



1. 1 เมตร ทางซ้ายของ Q_1 2. 1 เมตร ทางขวาของ Q_1
 3. 2 เมตร ทางซ้ายของ Q_1 4. 2 เมตร ทางขวาของ Q_1

21. จุดประจุ $+4.0 \times 10^{-8}$ C และ -9.0×10^{-8} C วางห่างกัน 0.5 m ดังรูป จุด P เป็นจุดที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ ระยะ X มีค่ากี่เมตร

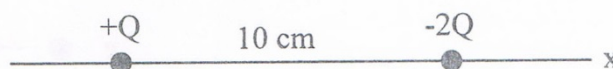


1. 0.2 2. 0.4 3. 0.8 4. 1.0

22. จุดประจุ 2 ประจุ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จุดประจุหนึ่งมีค่า $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ หากสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์อยู่ระหว่างประจุทั้งสองและห่างจากจุดประจุ $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ เท่ากับ 0.2 เมตรค่า ของอีกจุดประจุหนึ่งมีค่าเท่าไร

1. 0.9×10^{-8} C 2. 3×10^{-8} C 3. 9×10^{-8} C 4. 30×10^{-8} C

23. ประจุ +Q และประจุ -2Q วางอยู่บนแถบแกน X ห่างกัน 10 เซนติเมตร ดังรูป ที่ตำแหน่งใดบนแกน X ที่มีสนามไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ (มข.60)



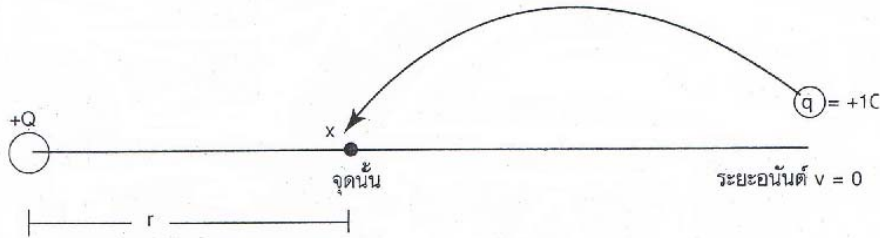
1. ทางด้านซ้ายของประจุ +Q 2. อยู่ระหว่างประจุ +Q และ -2Q
 3. อยู่ทางด้านขวาของประจุ -2Q 4. ข้อมูลไม่เพียงพอ

13.4 ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์

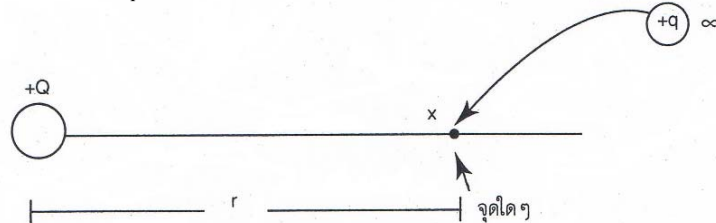
ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential) คือ งานในการนำประจุ +1 หน่วย จากระยะอนันต์มาที่จุดนั้น (ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์มีค่าเป็นบวกและลบเวลาคำนวณต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุ)

จะได้ว่า $W = qV$

$$V = \frac{W}{q} = \frac{Fs}{q} = \frac{W}{q} = \left(\frac{KQq}{r^2}\right)\left(\frac{s}{q}\right) = \frac{KQ}{r} \quad (s=r)$$



พลังงานศักย์ไฟฟ้า E_p คือ งานในการเคลื่อนประจุ +q จากอนันต์มายังจุดใด ๆ



$$W_{\infty x} = q(V_x - V_{\infty})$$

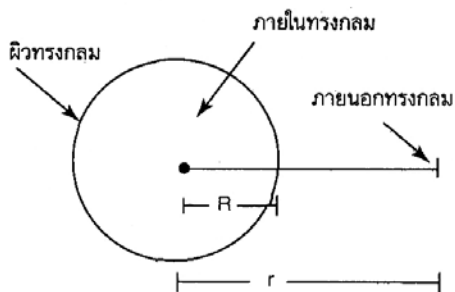
$$E_p = qV_x = q\left(\frac{KQ}{r}\right) = \frac{KQq}{r}$$

ศักย์ไฟฟ้า $V = \frac{KQ}{r}$

ศักย์ไฟฟ้ารวม $\Sigma V = \Sigma\left(\frac{KQ}{r}\right) = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$

หมายเหตุ ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์ต้องแทนเครื่องหมายประจุ บวก และลบด้วย

ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลม



เมื่อ E คือ สนามไฟฟ้า

Q คือ ประจุไฟฟ้า

R คือ รัศมีทรงกลม

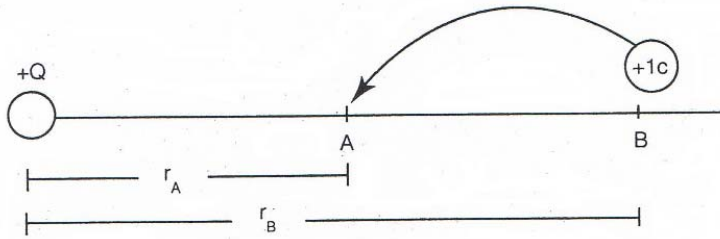
r คือ ระยะห่าง

K คือ ค่าคงที่เท่ากับ $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

สูตรศักย์ไฟฟ้า		
ภายในตัวนำทรงกลม	ที่ผิวตัวนำทรงกลม	ที่ผิวนอกตัวนำทรงกลม
$V = \frac{KQ}{R}$	$V = \frac{KQ}{R}$	$V = \frac{KQ}{r}$

ความต่างศักย์ (Potential Different)

ความต่างศักย์ คือ งานในการเคลื่อนประจุ +1 หน่วย จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง เช่น ความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B คือ งานในการเคลื่อนประจุ +1 หน่วย จาก B ไปหา A



กำหนดให้ $V_{AB} = (V_A - V_B)$ คือ ความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B หน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_A คือ ศักย์ไฟฟ้าที่ A หน่วยเป็นโวลต์ (V)

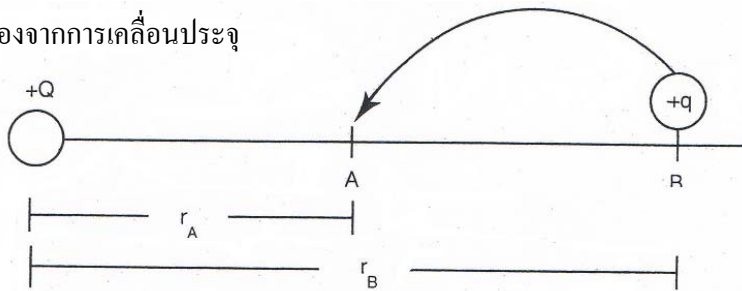
V_B คือ ศักย์ไฟฟ้าที่ B หน่วยเป็นโวลต์ (V)

r คือ ระยะห่าง หน่วยเป็นเมตร (m)

K คือ $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

งานไฟฟ้า

งานเนื่องจากการเคลื่อนประจุ

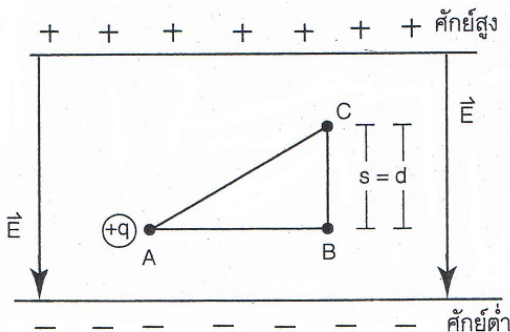


งานเนื่องจากการเคลื่อนประจุจาก B ไป A จะได้ $W_{BA} = q(V_A - V_B) = q(V_{AB})$

$$W_{BA} = q \left(\frac{KQ}{r_A} - \frac{KQ}{r_B} \right)$$

งานเป็นปริมาณสเกลาร์คิดเครื่องหมายประจุ $\pm q$ และ $\pm Q$ ด้วย

งานเนื่องจากการเคลื่อนประจุในสนามไฟฟ้า



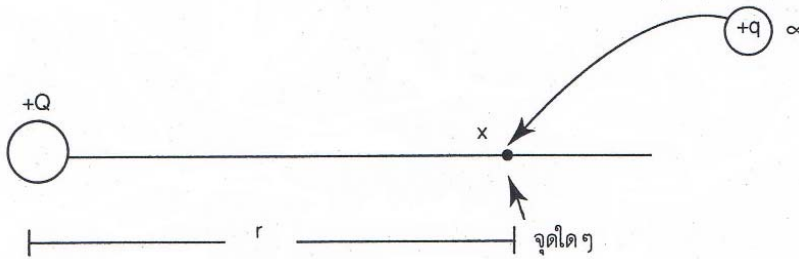
$$W_{AC} = W_{ABC} = qV_{CA} = qEd$$

$$V_{AB} = V_A - V_B \text{ เป็นบวก เมื่อ } V_A > V_B$$

$$V_{AB} = V_A - V_B \text{ เป็นลบ เมื่อ } V_A < V_B$$

พลังงานศักย์ E_p , เปรื่องประจุจากความต่างศักย์

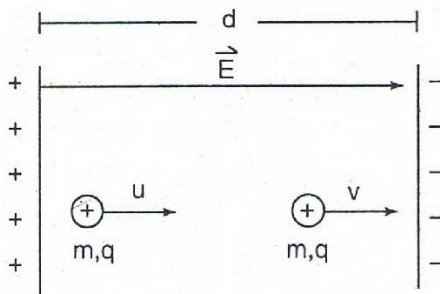
พลังงานศักย์ (E_p) คือ งานในการเคลื่อน $+q$ จากอนันต์มายังจุดใด ๆ



$$E_p = W_{\infty x} = qV_x$$

$$E_p = qV = \frac{KQq}{r}$$

เื่องประจุจากความต่างศักย์ เปลี่ยนพลังงานศักย์ไฟฟ้าเป็นพลังงานจลน์



q คือ ประจุ

u คือ ความเร็วต้น

m คือ มวล

v คือ ความเร็วปลาย

E คือ สนามไฟฟ้า

d คือ ระยะห่าง

E_p คือ พลังงานศักย์

E_k คือ พลังงานจลน์

$$E_p = E_k$$

$$qV = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

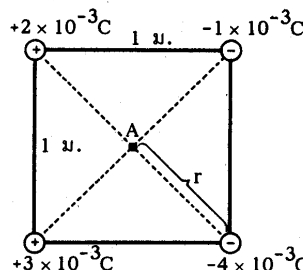
$$qEd = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

แบบฝึกหัด 13.4

- จงหาศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่างๆ ของประจุต่อไปนี้
 - ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ $4 \mu\text{C}$ ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 5 เซนติเมตร
 - ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ $-4 \mu\text{C}$ ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 10 เซนติเมตร
- สามเหลี่ยมด้านเท่า ABC มีความยาวด้านละ 20 เซนติเมตร ที่จุด A และ B มีประจุ $-2 \mu\text{C}$ ไมโครคูลอมบ์ และ $4 \mu\text{C}$ ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด C
- จุดประจุ 3 จุดประจุ วางอยู่ที่มุมของสามเหลี่ยมด้านเท่ายาวด้านละ 4 เซนติเมตร ทำให้จุดที่เส้นมัธยฐาน ทั้งสามเส้นตัดกันมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์หากจุดประจุ 2 จุดประจุ มีค่า $5 \mu\text{C}$ ไมโครคูลอมบ์ และ $3 \mu\text{C}$ ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่าจุดประจุจุดที่ 3
- ในการเคลื่อนที่ของประจุ 2 คูลอมบ์ ในสนามไฟฟ้า จากจุด A ไปที่จุด B ปรากฏว่าเกิดงาน 10 จูล ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A = 2 โวลต์ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด B มีค่าเท่าไร

- ในการเกิดฟ้าผ่าครั้งหนึ่ง ปรากฏว่าอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากดินขึ้นไปสู่ก้อนเมฆ เสียพลังงานไป 5 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ จงหาความต่างศักย์ระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดิน กำหนดให้ (พลังงาน 1 อิเล็กตรอน-โวลต์ = 1.6×10^{-19} จูลอมบ์)
- ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล 4×10^{-12} กิโลกรัม ที่มีประจุ 8×10^{-7} จูลอมบ์จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร/วินาที จะต้องใช้ต่างศักย์เท่าใด

แบบฝึกหัดทบทวน 13.4

- จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้
 - บริเวณที่สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่าสนามไฟฟ้านั้น
 - บริเวณที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย
 - บริเวณที่ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย
 ข้อที่ผิดคือ
 - ข้อ ก และ ข
 - ข้อ ก และ ค
 - ข้อ ข และ ค
 - ข้อ ก, ข และ ค
- แผ่นตัวนำขนานห่างกัน 10 cm มีความต่างศักย์ 24 V ทำให้เกิดสนามสม่ำเสมอตามแนวตั้งเมื่อนำลูกพิทมวล 0.6 g ที่มีประจุ 5×10^{-6} C มาแขวนไว้ด้วยด้ายเบาเส้นเล็กๆ ยาว 3 cm ปลายหนึ่งผูกติดอยู่กับแผ่นโลหะแผ่นบน ปรากฏว่าเส้นด้ายขาดลูกพิทจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งกี่ m/s^2
 - 6 m/s^2
 - 7 m/s^2
 - 8 m/s^2
 - 9 m/s^2
- วางประจุไฟฟ้า 3×10^{-4} C ที่ตำแหน่ง $X = -2$ m, $Y = 0$ m และประจุลบขนาดเท่ากันที่ตำแหน่ง $X = 0$ m, $Y = 3$ m ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งจุดกำเนิด (0, 0) จะเป็นกี่โวลต์
 - 4.5×10^5 V
 - 6.5×10^5 V
 - 8.5×10^5 V
 - 9.5×10^5 V
- จุดประจุวางอยู่ในตำแหน่งดังรูปจงหาว่าที่จุด A มีศักย์ไฟฟ้าเท่าใด
 กำหนด $K = 9 \times 10^9$ นิวตัน-(เมตร)² ต่อ(จูลอมบ์)
 - 0 โวลต์
 - -36×10^6 โวลต์
 - 36×10^3 โวลต์
 - 36×10^6 โวลต์
- ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล 4×10^{-12} กิโลกรัม ที่มีประจุ 8×10^{-9} จูลอมบ์จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร/วินาที จะต้องใช้ต่างศักย์เท่าใด
 - 0.025 โวลต์
 - 0.4 โวลต์
 - 2.5 โวลต์
 - 40 โวลต์
- ที่จุดซึ่งห่างจากจุดประจุคงที่เป็นระยะหนึ่งมีศักย์ไฟฟ้า 600 โวลต์ และมีความเข้มสนามไฟฟ้า 100 N/C จงหาปริมาณของประจุไฟฟ้านั้น
 - 2×10^{-7} จูลอมบ์
 - 4×10^{-7} จูลอมบ์
 - 1×10^{-7} จูลอมบ์
 - 3×10^{-7} จูลอมบ์
- สี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปหนึ่งมีประจุ +50, -100, +30 จูลอมบ์ วางอยู่ที่มุมสามมุม มุมละประจุ ถ้านำ ประจุ Q จูลอมบ์ ไปวางไว้ที่มุมที่สี่ มีผลทำให้จุดที่เส้นทแยงมุมตัดกันมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ จงหาค่าประจุ Q
 - 30 จูลอมบ์
 - 20 จูลอมบ์
 - +20 จูลอมบ์
 - +30 จูลอมบ์

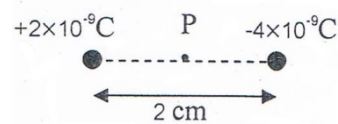
8. (มข.54) ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อสรุปที่ถูกต้องเกี่ยวกับค่าสนามและศักย์ไฟฟ้าของทรงกลมโลหะที่มีประจุ
1. ที่ตำแหน่งภายนอกทรงกลม ขนาดของสนามไฟฟ้าแปรผันตรงกับกำลังสองของระยะห่างจากใจกลางทรงกลม
 2. ที่ตำแหน่งภายในทรงกลม ขนาดของสนามไฟฟ้ามีค่าคงที่
 3. ที่ตำแหน่งภายนอกทรงกลม ค่าของศักย์ไฟฟ้าแปรผันตรงกับระยะห่างจากใจกลางทรงกลม
 4. ที่ตำแหน่งภายในทรงกลม ค่าของศักย์ไฟฟ้ามีค่าคงที่

9. เครื่องเร่งอนุภาคสำหรับยิงอนุภาคมวล $m = 3 \times 10^{-30}$ kg ซึ่งมีประจุ $q = -2 \times 10^{-19}$ C ใช้แผ่นประจุวางห่างกัน 10 cm ถ้าให้ความต่างศักย์ระหว่างแผ่น 3000 V ทำให้อนุภาคหลุดออกจากแผ่นประจุลบวิ่งไปยังประจุบวกแล้วทะลุรูกลางออกมา จงหาอัตราเร็วที่อนุภาคหลุดออกมาจากเครื่องเร่ง (มข.56)

1. 5×10^{-5} m/s 2. 2×10^{-4} m/s 3. 1×10^7 m/s 4. 2×10^7 m/s

10. (มข.57) จากรูปจงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด P อยู่กึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง

1. -18 โวลต์ 2. -1800 โวลต์
3. 54 โวลต์ 4. 18 โวลต์



11. ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้องที่สุด (มข.58)

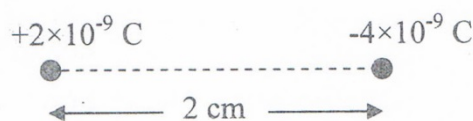
1. ศักย์ไฟฟ้าคืองานในการย้ายประจุ
2. ประจุบวกจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ภายในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ
3. สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งหนึ่ง หากจากพลังงานศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น ต่อประจุทดสอบที่นำไปวาง
4. งานของไฟฟ้าในการย้ายตำแหน่งของประจุภายในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า มีค่าเท่ากับผลต่างของพลังงานศักย์ไฟฟ้าระหว่างตำแหน่งทั้งสอง

12. โปรตอนถูกเร่งจากหยุดนิ่งโดยเครื่องเร่งอนุภาคชนิดเส้นตรงจนมีอัตราเร็วสุดท้ายเป็น 0.04 เท่าของอัตราเร็วแสงในสุญญากาศ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของเครื่องเร่ง มีค่ากี่กิโลโวลต์ (กำหนดอัตราเร็วแสงในสุญญากาศ $c = 3.0 \times 10^8$ เมตรต่อวินาที ประจุอิเล็กตรอนมีขนาด $e = 1.6 \times 10^{-19}$ คูโลมบ์ มวลโปรตอน $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ กิโลกรัม) (มข.58)

1. 600 2. 700 3. 750 4. 800

13. จุประจุวางไว้ดังรูป ที่ตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสองจะมีศักย์ไฟฟ้าเท่าไร (กำหนดให้ $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$) (มข.60)

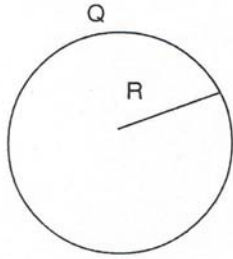
1. 900 โวลต์
2. -1800 โวลต์
3. 1800 โวลต์
4. 5400 โวลต์



13.5 ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า (Capacitor and Capacitance)

ตัวเก็บประจุ คือ ตัวนำที่ทำหน้าที่เก็บประจุ

ความจุไฟฟ้า คือ อัตราส่วนของประจุต่อศักย์ไฟฟ้า



$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{KQ}{R}} = \frac{R}{K}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{R}{K}$$

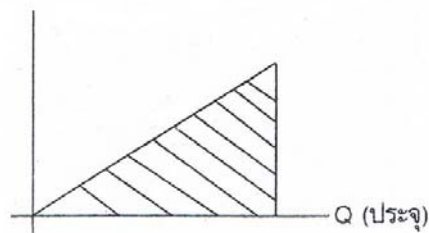
กำหนดให้ C แทน ความจุ หน่วยเป็นฟารัด Q คือ ประจุ หน่วยเป็นคูลอมบ์

V แทน ศักย์ไฟฟ้า หน่วยเป็นโวลต์ K คือ ค่าคงที่เท่ากับ $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ (U)

พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ = พื้นที่ใต้กราฟ Q กับ V

V (ความต่างศักย์)



กำหนดให้ U แทน พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ (จูล)

Q แทน ประจุไฟฟ้า (คูลอมบ์)

C แทน ความจุ (ฟารัด)

V แทน ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)

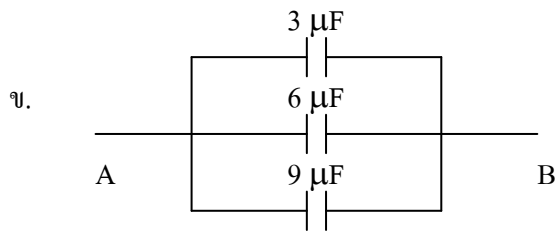
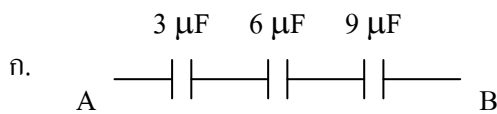
$$\text{พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ (U)} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

การต่อตัวเก็บประจุ

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม	การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน
<p>A circuit diagram showing three capacitors labeled C_1, C_2, and C_3 connected in series. A battery is at the bottom. Voltmeters V_1, V_2, and V_3 are connected across each capacitor. A voltmeter $V_{\text{รวม}}$ is connected across the entire series combination. A charge Q is indicated entering the first capacitor.</p>	<p>A circuit diagram showing three capacitors labeled C_1, C_2, and C_3 connected in parallel. A battery is at the bottom. A voltmeter $V_{\text{รวม}}$ is connected across the parallel combination. Charges Q_1, Q_2, and Q_3 are indicated entering each capacitor respectively.</p>
<ol style="list-style-type: none"> $V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3$ $Q_{\text{รวม}} = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ 	<ol style="list-style-type: none"> $V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3$ $Q_{\text{รวม}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$ $C_{\text{รวม}} = C_1 + C_2 + C_3$

แบบฝึกหัด 13.5

1. ตัวนำทรงกลมมีศักย์ไฟฟ้า 500 โวลต์ เมื่อเก็บประจุ 25 ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่าความจุของตัวนำนี้
2. ตัวเก็บประจุ 40 μF ต่อกับความต่างศักย์ 9 โวลต์ จงหาประจุบนตัวเก็บประจุนี้
3. แผ่นโลหะขนานห่างกัน 2 เซนติเมตร ใช้ทำเป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุ 50 พิโกฟารัด ถ้าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะมีค่า 600 นิวตัน/คูลอมบ์ อยากรทราบว่าตัวเก็บประจุนี้มีประจุเท่าใด
4. ตัวเก็บประจุขนาด 25 ไมโครฟารัด เมื่อต่อกับความต่างศักย์ 100 โวลต์ จงหาพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ
5. ตัวเก็บประจุหนึ่ง เมื่อต่อเข้ากับความต่างศักย์ 12 โวลต์ จะเกิดประจุบนตัวเก็บประจุขนาด 6×10^{-4} C ตัวเก็บประจุนี้จะมีพลังงานสะสมเท่าไร
6. จากรูป จงหาความจุไฟฟ้ารวมระหว่าง A กับ B



แบบฝึกหัดทบทวน 13.5

คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

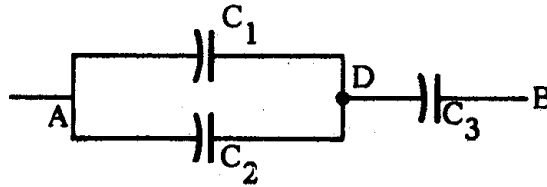
1. จงหาประจุบนตัวเก็บขนาด 30 ไมโครฟารัด ที่มีความต่างศักย์ 16 โวลต์ ก่อนนำไปต่อขนานกับตัวเก็บประจุขนาด 30 ไมโครฟารัด ซึ่งแต่เดิมไม่มีประจุอยู่เลยว่ามีค่าเท่าไร
 1. 3.2×10^{-4} C
 2. 4.8×10^{-4} C
 3. 8.0×10^{-4} C
 4. 12.8×10^{-4} C
2. จงหาประจุบนตัวเก็บประจุที่มีความจุไฟฟ้า 72 μF ที่นำมาต่อขนานกันเพื่อเก็บประจุ โดยต่อกับความต่างศักย์ 1,000 โวลต์ ว่ามีค่าเท่าไร
 1. 0.072 C
 2. 0.014 C
 3. 0.72 C
 4. 0.14 C
3. ตัวเก็บประจุ 3 ตัวมีความจุ $C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 3 \mu\text{F}$ และ $C_3 = 5 \mu\text{F}$ นำมาต่อกันแบบอนุกรม แล้วนำไปต่อกับความต่างศักย์ 310 โวลต์ จงหาประจุไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุ C_3 ว่ามีค่าเท่าไร
 1. 3×10^{-4} C
 2. 4×10^{-4} C
 3. 5×10^{-4} C
 4. 6×10^{-4} C
4. ทรงกลมลูกหนึ่งที่มีรัศมี 1 เมตร มีประจุ 5 คูลอมบ์ จงหาความจุไฟฟ้าของทรงกลมนี้เป็นที่ฟารัด ตอบในเทอมของค่า K
 1. 20 K
 2. K/2
 3. 1/20 K
 4. 1/K
5. โลหะตัวนำทรงกลม A และ B มีรัศมี ถ้าเดิมประจุ Q ในปริมาณ 1:2 ให้กับตัวนำทรงกลมทั้งสองตามลำดับ หาอัตราส่วนของ $C_A : C_B$
 1. 1:1
 2. 1:2
 3. 2:1
 4. 1:4
6. ตัวเก็บประจุบนแผ่นขนานคู่ มีอักษรเขียนเป็น "0.05 μF 400 V" จะสามารถเก็บประจุไว้ได้สูงสุดเท่าไรเมื่อนำไปใช้งานจริงต้องการให้เก็บได้ 10 μC จะต้องต่อกับความต่างศักย์เท่าไร
 1. 20 μC , 200 V
 2. 30 μC , 600 V
 3. 40 μC , 600 V
 4. 30 μC , 400 V

7. ตัวเก็บประจุมีความจุ 5 ฟารัด ปลายทั้งสองต่อเข้ากับความต่างศักย์ 4,000 โวลต์ จงคำนวณหาพลังงานสะสมว่ามีค่าเท่าไร

1. 2×10^7 J 2. 4×10^7 J 3. 6×10^7 J 4. 8×10^7 J

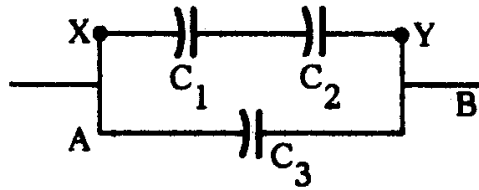
8. จากรูป กำหนด $C_1 = 1 \mu\text{F}$; $C_2 = 3 \mu\text{F}$; $C_3 = 4 \mu\text{F}$ จงคำนวณหาความจุรวมระหว่าง AB

1. 2 μF
2. 4 μF
3. 8 μF
4. 16 μF



9. จากรูป กำหนด $C_1 = 20 \mu\text{F}$; $C_2 = 20 \mu\text{F}$; $C_3 = 13 \mu\text{F}$ จงคำนวณหาความจุรวมระหว่าง AB

1. 2 μF
2. 4 μF
3. 8 μF
4. 23 μF



10. จากรูป คอนเดนเซอร์ C_1, C_2 และ C_3 ต่างก็มีค่า 40 ไมโครฟารัดต่อกันอย่างขนาน แล้วต่อกับ C_4 ซึ่งมีความจุ 40 ไมโครฟารัดอย่างอนุกรม จงคำนวณหาความจุรวมระหว่าง AB

1. 20 μF
2. 30 μF
3. 50 μF
4. 80 μF

