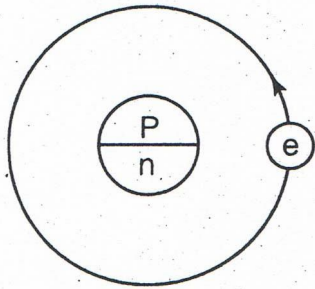


## บทที่ 15 ไฟฟ้าสถิต

### 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 เป็นคนแรกที่พบว่าอำนาจอำนาจพันมาอยู่กับผ้าขนสัตว์จะสามารถดูดวัตถุเบาๆ 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
$F \leftarrow (+) \quad (+) \rightarrow F$ $F \leftarrow (-) \quad (-) \rightarrow F$ แรงผลัก	$(+) \rightarrow F \quad F \leftarrow (-)$ $(-) \rightarrow F \quad F \leftarrow (+)$ แรงดูด

#### กฎการอนุรักษ์ประจุ

การทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าด้วยวิธีต่างๆ ไม่ใช่เป็นการสร้างประจุขึ้นมาใหม่แต่เป็นการเคลื่อนย้ายประจุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งจะได้ว่าผลรวมของจำนวนประจุทั้งหมดคงที่เท่าเดิม การทำให้วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเกิดประจุ

**การทำให้วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเกิดประจุทำได้ 3 วิธี**

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

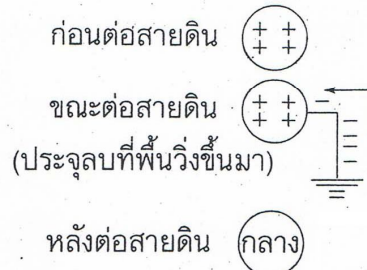
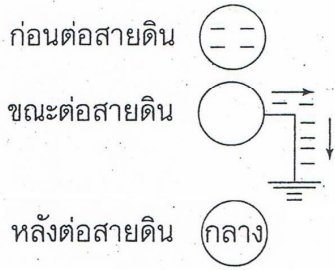
#### การถ่ายประจุไฟฟ้าเมื่อแตะกัน

จะเกิดขึ้นเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยหลังถ่ายประจุแล้ว วัตถุทั้งสองจะต้องมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน โดยประจุไฟฟ้ารวมจะยังคงเดิม

ตัวนำมีประจุ  $Q_1$  รัศมี  $a_1$  แตะกับตัวนำมีประจุ  $Q_2$  รัศมี  $a_2$  หลังแตะ ตัวนำแต่ละตัวจะมีประจุเป็น

$$Q'_1 = \left( \frac{\Sigma Q}{\Sigma a} \right) a_1 \quad \text{และ} \quad Q'_2 = \left( \frac{\Sigma Q}{\Sigma a} \right) a_2$$

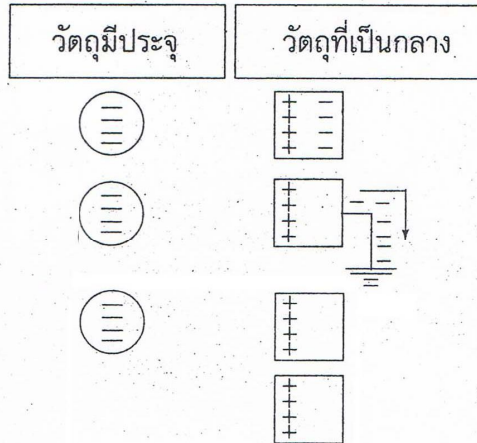
สายดิน () คือการทำให้วัตถุที่มีประจุหมดไป



3) การเหนี่ยวนำ คือ การนำวัตถุที่มีประจุมาเข้าใกล้วัตถุที่มีประจุหรือวัตถุที่เป็นกลาง ก็ได้หลังการเหนี่ยวนำแล้วประจุที่เกิดขึ้นจะชนิดตรงข้ามกับที่มาเหนี่ยวนำ

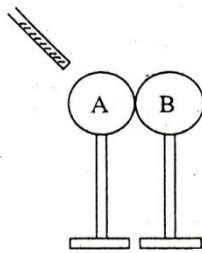
ขั้นตอนการเหนี่ยวนำมี 4 ขั้นตอน

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



### แบบฝึกหัดที่ 15.1

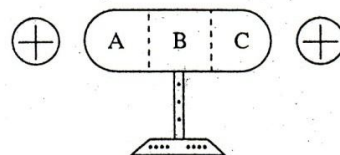
1. ทรงกลมโลหะ A และ B วางสัมผัสกันโดยยึดไว้ด้วยฉนวน เมื่อนำแท่งอิโบนีท์ ซึ่งมีประจุลบเข้าใกล้ทรงกลม A ดังรูป จะมีประจุไฟฟ้าชนิดใดเกิดขึ้นที่ตัวนำทรงกลมทั้งสอง



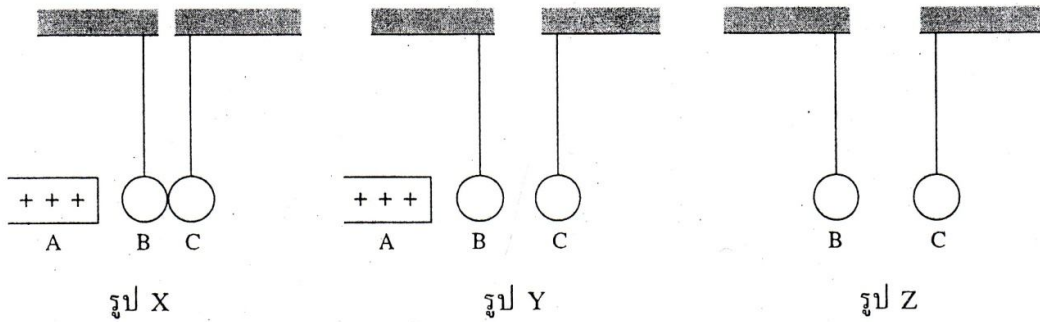
1. ทรงกลมทั้งสองมีประจุบวก
2. ทรงกลมทั้งสองมีประจุลบ
3. ทรงกลม A มีประจุบวก และทรงกลม B มีประจุลบ
4. ทรงกลม A มีประจุลบ และทรงกลม B มีประจุบวก

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. (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
6. เมื่อนำตัวนำ A ซึ่งมีประจุ  $+4\mu\text{C}$  แตะกันกับตัวนำ B ซึ่งมีประจุ  $-10\mu\text{C}$  อีกสักครู่ต่อมาแยกตัวนำทั้งสองออกจากกันวางบนพื้นฉนวน จงหาว่าตัวนำแต่ละตัวจะมีประจุเท่าไร
1.  $-3\mu\text{C}$
  2.  $-6\mu\text{C}$
  3.  $-14\mu\text{C}$
  4.  $+4\mu\text{C}$
7. ตัวนำทรงกลมสองลูกมีขนาดเท่ากัน ลูกแรกมีประจุ  $+3Q$  ส่วนลูกที่สองมีประจุ  $-5Q$  เมื่อนำตัวนำทั้งสองมาแตะกันแล้วแยกออกจากกัน ตัวนำตัวแรกจะมีค่าเท่าไร
1.  $-Q$
  2.  $-2Q$
  3.  $-5Q$
  4.  $+2Q$

**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

**ตัวอย่างที่ 1** จุดประจุหนึ่ง มีประจุ  $+6.4 \times 10^{-6} \text{ C}$  จุดประจุนี้มีจำนวนโปรตอนอยู่ทั้งหมดเท่าไร

.....  
 .....  
 .....

**ตัวอย่างที่ 2** ทรงกลมตัวนำขนาดเท่ากัน 2 อัน แต่ละอันมีรัศมี 1 ซม.ทรงกลมอันแรกมีประจุ  $3 \times 10^{-5} \text{ C}$  อันหลังมีประจุ  $-1 \times 10^{-5} \text{ C}$  เมื่อให้ทรงกลมทั้งสองอันแตะกัน และแยกนำไปวางไว้ให้ผิวทรงกลมทั้งสองห่างกัน 8 ซม. ขนาดของแรงระหว่างทรงกลมเป็นเท่าใด

.....  
 .....  
 .....

**ตัวอย่างที่ 3** ทรงกลมตัวนำ P และ Q ประจุไฟฟ้า  $4 \times 10^{-8} \text{ C}$  และ  $9 \times 10^{-8} \text{ C}$  ตามลำดับ วางห่างกัน 0.6 เมตร บนพื้นระนาบเกลี้ยงที่เป็นฉนวน ถ้า P มีมวล 0.18 กรัม จงหาความเร่งของทรงกลม P ทันที

.....  
 .....  
 .....

**ตัวอย่างที่ 4** ประจุ q C 2 ตัว วางห่างกัน r เมตร เกิดแรงระหว่างประจุ = F นิวตัน ถ้าเอาประจุ 2q C วางห่างกัน q คูลอมบ์ เป็นระยะ r เมตร จะเกิดแรงระหว่างประจุเท่าไร

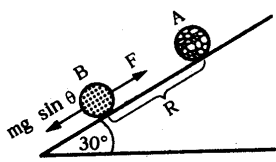
.....  
 .....  
 .....

**ตัวอย่างที่ 5** อนุภาค A มีประจุเป็น 2 เท่าของประจุ บนอนุภาค B ประจุทั้งสองอยู่ห่างกัน 3 ซม. เกิดแรงกระทำ 20 นิวตัน จงหาประจุ บนอนุภาค B

.....

.....

.....



**ตัวอย่างที่ 6** A มีประจุ  $-1.0 \times 10^{-6}$  C ตรึงอยู่กับพื้นเอียงลื่น และเป็นมวล B มีประจุ  $+1.0 \times 10^{-5}$  C มีมวล 2 กรัม อยู่บนพื้นเอียงนิ่งๆ อยากทราบว่า B อยู่ห่าง A เท่าไร

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 7** จงหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้า  $+50$  ไมโครคูลอมบ์ วางอยู่ห่างกัน 5 มม. ในอากาศ

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 8** ตัวนำชนิดเดียวกัน ขนาดเท่ากัน 2 ลูก ลูกหนึ่งมีประจุ  $+4 \times 10^{-5}$  C อีกลูกหนึ่งมีประจุ  $-2 \times 10^{-5}$  C มาแตะกัน แล้วจับแยกออกจากกันวางให้ห่างกัน 0.1 เมตร จงหาแรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นบนตัวนำแต่ละลูกหลังแตะกัน

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 9** ลูกพิทมวล 0.72 กรัม มีประจุ  $25 \times 10^{-6}$  C วางอยู่เหนือจุดประจุ 2 จุด ที่ขนาดประจุเท่ากับ Q และผูกติดกัน ห่างกัน 6 ซม. จะต้องใช้ประจุ Q เป็นปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้ลูกพิทลอย อยู่เหนือจุดกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสองเป็นระยะทาง 4 ซม.

.....

.....

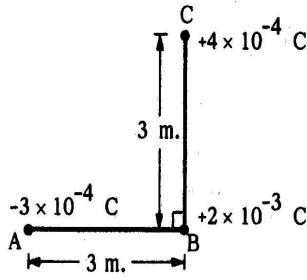
.....

**ตัวอย่างที่ 10** 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

.....

.....

.....



**ตัวอย่างที่ 11** 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 ดังรูปแรงกระทำที่มีต่อประจุ  $+2 \times 10^{-3} \text{ C}$  มีขนาดเท่าใด

.....

.....

.....

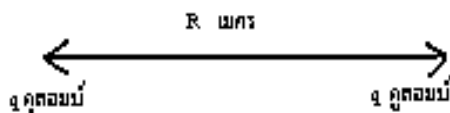
.....

.....

**แบบฝึกหัด 15.2**

**คำสั่ง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

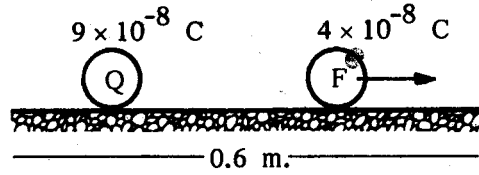
- ทรงกลมขนาดเท่ากัน 2 อัน แต่ละอันมีรัศมี 1 เซนติเมตร ทรงกลมอันแรกมีประจุ  $3 \times 10^{-5} \text{ C}$  อันหลัง  $-1 \times 10^{-5} \text{ C}$  เมื่อให้ทรงกลมทั้งสองแตะกัน แล้วแยกนำไปวางไว้ให้ผิวทรงกลมทั้งสองห่างกัน 1 เซนติเมตร ขนาดของแรงระหว่างทรงกลมเป็นเท่าใด  
 ก. 10 นิวตัน      ข. 90 นิวตัน      ค. 190 นิวตัน      **ง. 1,000 นิวตัน**
- จุดประจุขนาด  $6 \mu\text{C}$  3 จุดประจุ วางห่างกันเป็นแนวเส้นตรงห่างกันช่วงละ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อจุดประจุตรงจุดกึ่งกลาง เมื่อจุดประจุที่ปลายข้างหนึ่งเป็นชนิดลบ และตรงจุดกึ่งกลางกับปลายอีกข้างหนึ่งเป็นชนิดบวก  
 ก. 3.6 นิวตัน      ข. 4.8 นิวตัน  
 ค. 5.6 นิวตัน      **ง. 7.2 นิวตัน**
- เมื่อวางลูกพิทที่มีประจุห่างกัน 4 เซนติเมตร ปรากฏว่ามีแรงกระทำต่อกัน  $10^{-4} \text{ N}$  ถ้าวางลูกพิททั้งสองห่างกัน 8 เซนติเมตร จะมีแรงกระทำระหว่างกันเท่าใด  
 ก.  $2.5 \times 10^{-5}$  นิวตัน      ข.  $6.5 \times 10^{-5}$  นิวตัน  
 ค.  $2.5 \times 10^{-6}$  นิวตัน      ง.  $6.5 \times 10^{-6}$  นิวตัน
- ประจุ  $q \text{ C}$  2 ตัว วางห่างกัน  $r$  เมตร เกิดแรงระหว่างประจุ =  $F$  นิวตัน ถ้าเอาประจุ  $3q \text{ C}$  วางห่างจาก  $q$  คูლობ์ เป็นระยะ  $r$  เมตร จะเกิดแรงระหว่างประจุเท่าไร



- ก.  $F$  นิวตัน      ข.  $2F$  นิวตัน      **ค.  $3F$  นิวตัน**      ง.  $4F$  นิวตัน
- จุดประจุ 2 จุดขนาด 4 ไมโครคูლობ์ และ  $-6$  ไมโครคูლობ์ วางห่างกันเป็นระยะ  $d$  เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุ 12 นิวตัน ถ้านำไปวางห่างกัน  $d/2$  เซนติเมตรจะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสองขนาดเท่าไร  
 ก. 3 นิวตัน      ข. 6 นิวตัน      ค. 24 นิวตัน      **ง. 48 นิวตัน**

6. ทรงกลมตัวนำ F และ Q ประจุไฟฟ้า  $4 \times 10^{-8}$  C และ  $9 \times 10^{-8}$  C ตามลำดับ วางห่างกัน 0.6 เมตร บนพื้นระนาบเกลี้ยงที่เป็นฉนวน ถ้า F มีมวล 0.15 กรัม จงหาความเร่งของทรงกลม F ทันทีที่ปล่อยมีค่าเท่าไร

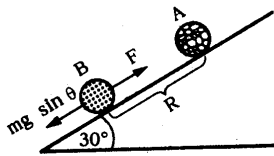
- ก. 0.5 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
- ข. 0.6 เมตร/วินาที<sup>2</sup>**
- ค. 0.7 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
- ง. 0.8 เมตร/วินาที<sup>2</sup>



7. อนุภาค A มีประจุเป็น 2 เท่าของประจุบนอนุภาค B อยู่ห่างกัน  $\sqrt{1.8}$  เซนติเมตร เกิดแรงกระทำ 1 นิวตัน ประจุบนอนุภาค B มีค่าเท่าไร

- ก.  $1.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์**
- ข.  $2.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์
- ค.  $1.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์
- ง.  $2.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์

8.



A มีประจุ  $-1.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์ ตรึงอยู่กับพื้นเอียงลื่น และเป็นฉนวน B มีประจุ  $+1.0 \times 10^{-5}$  คูลอมป์ มีมวล 2 กรัม อยู่บนพื้นเอียงนิ่งๆ อยากทราบว่าจะเกิดแรงกระทำต่อประจุ A เท่าไร

- ก. 2.4 เมตร
- ข. 3.0 เมตร**
- ค.  $3\sqrt{3}$  เมตร
- ง. 6.0 เมตร

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

- ก. F
- ข. 4F
- ค. 16F
- ง. F/4

10. (มข.50) ประจุ -Q และประจุ -Q วางห่างกันเป็นระยะทาง 2R ดังรูป จงหาขนาดของสนามไฟฟ้าที่อยู่กึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง

- ก. 0
- ข.  $\frac{2KQ}{R^2}$
- ค.  $\frac{KQ^2}{R^2}$
- ง.  $\frac{KQ^2}{4R^2}$

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

- ก. 6.4
- ข. 3.2
- ค. 1.6
- ง. ศูนย์

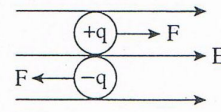
12. (มข.52) จุดประจุ Q และ 4Q วางห่างกัน เป็นระยะทาง R จะเกิดแรงไฟฟ้า F เนื่องจากประจุทั้งสอง แรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับประจุ Q และ 4Q เป็นเท่าไร ตามลำดับ

- ก.  $k \frac{Q^2}{R^2}$  และ  $k \frac{Q^2}{R^2}$
- ข.  $4k \frac{Q^2}{R^2}$  และ  $k \frac{Q^2}{R^2}$
- ค.  $k \frac{Q^2}{R^2}$  และ  $4k \frac{Q^2}{R^2}$
- ง.  $4k \frac{Q^2}{R^2}$  และ  $4k \frac{Q^2}{R^2}$

### สนามไฟฟ้า (Electric field)

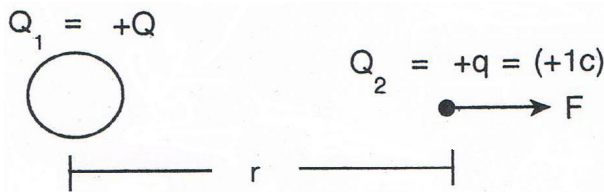
สนามไฟฟ้า (E) คือ แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบหนึ่งหน่วยซึ่งวางไว้ที่ตำแหน่งใด ๆ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์

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



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

### สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

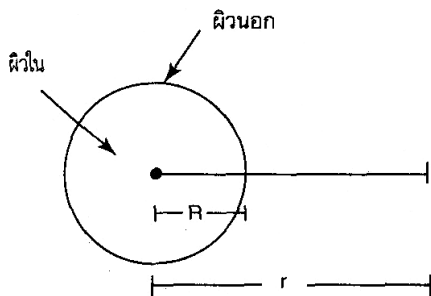


จากสมการ  $E = \frac{F}{q}$

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

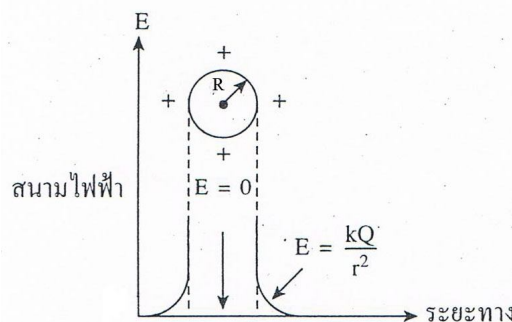
Q คือ ประจุไฟฟ้า

R คือ รัศมีทรงกลม

r คือ ระยะห่าง

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

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





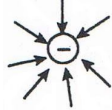
### เส้นแรงไฟฟ้า ( Electric line of force )

คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า

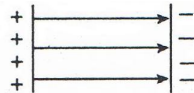
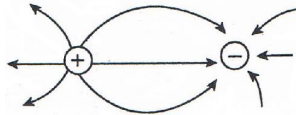
1. ประจุบวกเส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออก



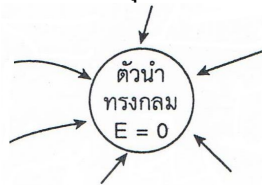
2. ประจุลบเส้นแรงไฟฟ้าพุ่งเข้า



3. มีทั้งประจุบวกและลบเส้นแรงไฟฟ้าจะพุ่งจากบวกไปลบ



4. เส้นแรงไฟฟ้าจะไปหยุดนิ่งที่ผิวของตัวนำทรงกลมไม่พุ่งเข้าไปข้างใน



### จุดสะเทิน

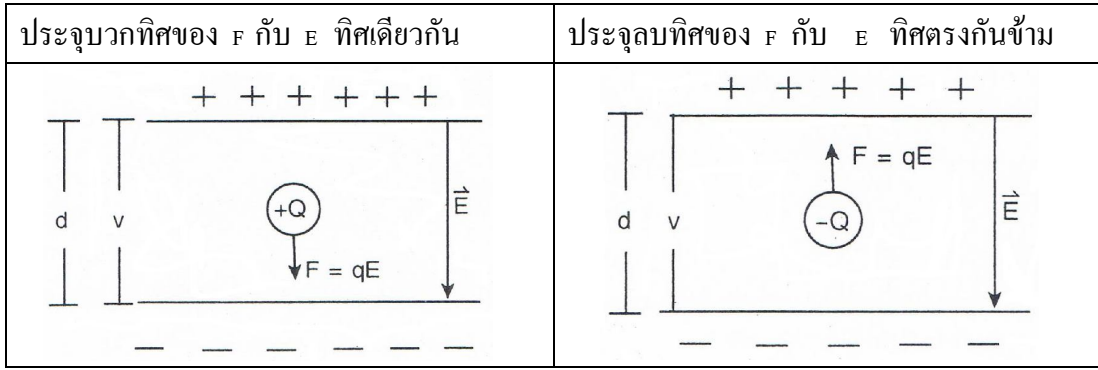
จุดสะเทิน (Neutral point) คือจุดในสนามไฟฟ้าที่มีสนามไฟฟ้าอยู่ 2 พวก มีขนาดเท่ากัน แต่ทิศตรงกันข้าม ตำแหน่งของจุดสะเทิน

1. ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน จะเกิดระหว่างประจุทั้งสองและอยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าที่มีอำนาจทางไฟฟ้าน้อย

2. ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน จะเกิดภายนอกของประจุทั้งสอง และอยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าที่มีอำนาจของประจุน้อย

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

**สนามไฟฟ้าในแผ่นโลหะคู่ขนาน**



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

E = สนามไฟฟ้า หน่วย นิวตัน/คูลอมบ์

V = ความต่างศักย์ระหว่างแผ่น หน่วย โวลต์

d = ระยะห่าง หน่วย เมตร

**ต้องจำ** สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์คิดทิศทางแต่ไม่ต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุ

**ตัวอย่างที่ 1** จงหาสนามไฟฟ้า ณ จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ 6 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 10 cm

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 2** หยดน้ำมันเล็กๆ หยดหนึ่งมีมวล 16 มิลลิกรัม ลอยนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าซึ่งมีความเข้ม  $10^{-7}$  N/C ถ้าประจุไฟฟ้าของหยดน้ำมันนี้เกิดจากอิเล็กตรอนมีมากเกินไปจนจำนวนโปรตอนจงหา

ก. หยดน้ำมันอิเล็กตรอนอิสระกี่อนุภาค      ข. ประจุไฟฟ้าของหยดน้ำมัน (คูลอมบ์)

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 3** จุด P และจุด Q อยู่ห่างจากจุดประจุ q เป็นระยะ 20 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าที่จุด P สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 5 โวลต์ต่อเมตร และมีทิศชี้เข้าหาประจุแล้วสนามไฟฟ้าที่จุด Q มีค่าเท่าไร และมีทิศอย่างไร

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 4** สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากผิวโลกทรงกลมตัวนำลูกหนึ่งมีมวล m แขนงด้วยเชือกภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ  $5 \times 10^4$  นิวตัน/คูลอมบ์ หากทรงกลมมีประจุอยู่  $4 \times 10^{-6}$  คูลอมบ์ทำให้เชือกแขวนทำมุม  $45^\circ$  กับแนวตั้ง มวลของทรงกลมจะมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 5** จงหาขนาดสนามไฟฟ้า ที่ทำให้อิเล็กตรอน มีแรงทางไฟฟ้าเท่ากับน้ำหนักของมันเอง กำหนดให้มวลของอิเล็กตรอนเท่ากับ  $9 \times 10^{-31}$  กิโลกรัม ประจุของอิเล็กตรอนเท่ากับ  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมป์

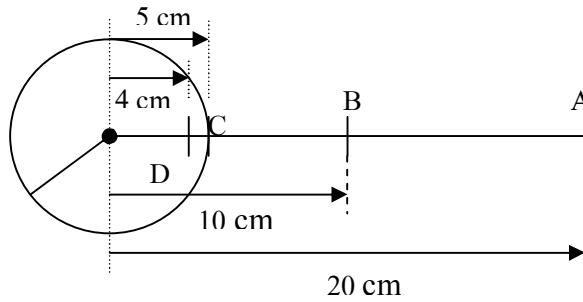
.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 6** ทรงกลมตัวนำเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร มีประจุ 1 ไมโครคูลอมป์ จงหาค่า ความเข้มสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 20 , 10 , 5 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ

**วิธีทำ**



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**แบบฝึกหัด 15.3**

**คำสั่ง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

- หยดน้ำมันมวล  $8 \times 10^{-13}$  kg ถูกทำให้เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง ด้วยความเร็วคงตัวในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าขนาด  $5 \times 10^6$  N/C ประจุไฟฟ้าบนหยดน้ำมันมีค่าเท่าไร
 

ก. $1.6 \times 10^{-21}$ C	ข. $1.6 \times 10^{-20}$ C
ค. $1.6 \times 10^{-19}$ C	ง. $1.6 \times 10^{-18}$ C
- ที่ตำแหน่ง X ห่างจากจุดประจุขนาด  $1.08 \times 10^{-1}$  C เป็นระยะ 1.8 m จะมีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็นเท่าไร
 

ก. $3.0 \times 10^8$ N/C	ข. $9.0 \times 10^8$ N/C
ค. $2.7 \times 10^9$ N/C	ง. $5.4 \times 10^9$ N/C



**ตัวอย่างที่ 1** นำประจุ  $+Q$  คูლობ์และ  $+4Q$  คูლობ์ มาวางห่างกันเป็นระยะ 1 เมตร จงหาว่าจุดสะเทินอยู่ห่างจากจุดที่วาง  $+Q$  คูლობ์ เท่าไร

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 2.** จุดประจุ 2 ประจุอยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จุดประจุ หนึ่งมีค่า  $+4 \times 10^{-8}$  คูლობ์ หากสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์อยู่ระหว่างประจุทั้งสองและห่างจากจุดประจุ  $+4 \times 10^{-8}$  คูლობ์ เท่ากับ 0.2 เมตรค่าของอีกจุดประจุหนึ่งมีกี่คูლობ์

.....

.....

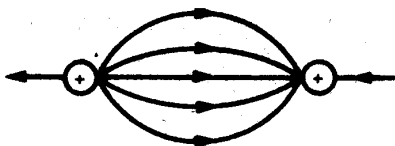
.....

**แบบฝึกหัด 15.4**

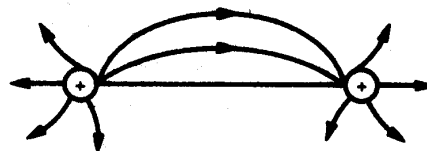
คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

- ข้อใดไม่ใช่สมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า
  - ตั้งฉากกับผิวของตัวนำ
  - ช่วยหาทิศของสนามไฟฟ้าได้
  - ผ่านตัวนำได้ แต่ไม่ผ่านฉนวน
  - ออกจากประจุบวก เข้าหาประจุลบ
- ทรงกลมที่มีประจุ 2 ทรงกลม ต่างมีประจุบวกที่มีขนาดเท่ากัน วางห่างกันระยะทางขนาดหนึ่ง เส้นแรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในข้อใดถูกต้อง

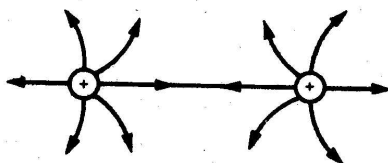
ก.



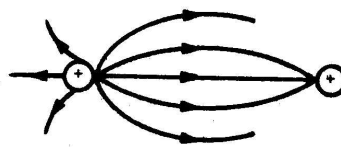
ข.



ค



ง



3. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ณ ตำแหน่งใดๆ ที่มีแรงทางไฟฟ้ากระทำต่อประจุไฟฟ้าได้ บริเวณนั้นมีสนามไฟฟ้า
- เส้นแรงไฟฟ้าจะมีทิศพุ่งออกจากประจุลบเข้าสู่ประจุบวก
- สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์

ข้อที่ถูกคือ

ก. ข้อ 1, 2

ข. ข้อ 1, 3

ค. ข้อ 2, 3

ง. ข้อ 1, 2 และ 3

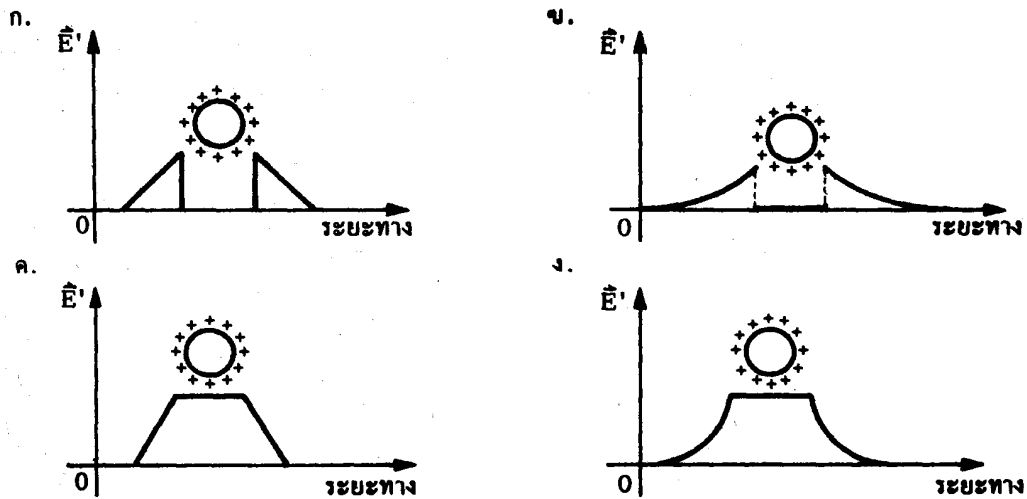
4. นำประจุ  $+Q$  คูกลมรัศมีและ  $+4Q$  คูกลมรัศมี มาวางห่างกันเป็นระยะ 1 เมตร จงหาว่าจุดสะเทินอยู่ห่างจากจุดที่วาง  $+Q$  คูกลมรัศมีเท่าไร

- ก. ห่างจาก  $+Q$  คูกลมรัศมีด้านใน  $1/3$  เมตร
- ข. ห่างจาก  $+Q$  คูกลมรัศมีด้านใน  $1/4$  เมตร**
- ค. ห่างจาก  $+Q$  คูกลมรัศมี ด้านนอก  $1/3$  เมตร
- ง. ห่างจาก  $+Q$  คูกลมรัศมี ด้านนอก  $1/4$  เมตร

5. อนุภาคอันหนึ่งหนัก  $10^{-2}$  N เคลื่อนที่เข้าไปในแผ่นโลหะคู่ขนานที่มีความต่างศักย์ 1.0 โวลต์ โดยมีทิศการเคลื่อนที่ขนานกับแผ่นคู่ขนานเป็น  $10^{-2}$  เมตร จงหาว่าอนุภาคนั้นมีประจุเท่าใด

- ก.  $0.5 \times 10^{-4}$  C
- ข.  $0.2 \times 10^{-4}$  C
- ค.  $1.0 \times 10^{-4}$  C**
- ง.  $2.0 \times 10^{-4}$  C

6. รูปแสดงสนามไฟฟ้าของทรงกลมตัวนำเทียบกับระยะทางต่อไปนี้ ข้อใดที่ท่านเห็นว่าถูกต้อง



7. แผ่นโลหะสองแผ่นวางขนานกัน อยู่ห่างกัน 1 มิลลิเมตร ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองเท่ากับ 90 โวลต์ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่นี้มีค่าเท่าใด

- ก. 3,000 N/C
- ข. 9,000 N/C**
- ค. 30,000 N/C
- ง. 90,000 N/C

8. แผ่นตัวนำขนานห่างกัน 5 เซนติเมตร ทำให้เกิดสนามสม่ำเสมอตามแนวตั้งมีทิศทางลง ถ้าต้องการให้อิเล็กตรอนลอยอยู่นิ่งๆ ได้ที่ตำแหน่งระหว่างตัวนำขนานนี้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตัวนำขนานต้องมีค่าเท่าใด

- ก.  $2.8 \times 10^{-11}$  โวลต์
- ข.  $2.8 \times 10^{-13}$  โวลต์**
- ค.  $1.1 \times 10^{-13}$  โวลต์
- ง.  $1.1 \times 10^{-15}$  โวลต์

9. ประจุไฟฟ้า  $2.5 \times 10^{-6}$  C และ  $5.0 \times 10^{-6}$  C อยู่ห่างกัน 0.2 m ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์จะอยู่ห่างจากประจุ  $5.0 \times 10^{-6}$  C เท่าใด

- ก. 0.017 m
- ข. 0.083 m
- ค. 0.117 m**
- ง. 0.830 m

10. สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุสองประจุเท่ากับศูนย์อยู่ที่ตำแหน่งใด

1. ถ้าประจุทั้งสองต่างชนิดกันจะอยู่ระหว่างประจุทั้งสอง
2. อยู่ใกล้ประจุที่มีค่าน้อย
3. มีเพียงตำแหน่งเดียว

ก. ข้อ 1, 2

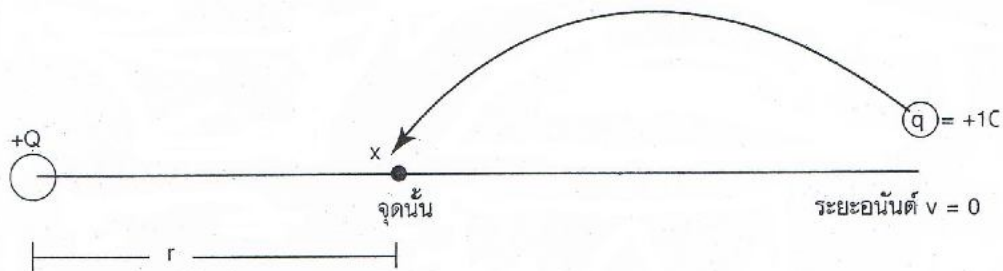
ข. ข้อ 1, 3

ค. ข้อ 2, 3

ง. ข้อ 1, 2, 3

### ศักย์ไฟฟ้า (Electric potential)

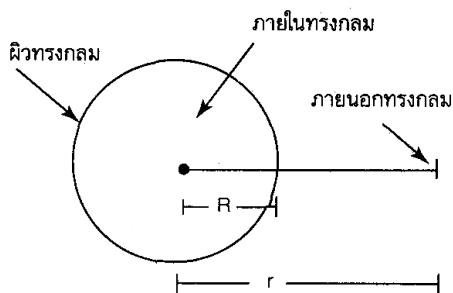
ศักย์ไฟฟ้า คือ งานในการนำประจุ  $+1C$  คูลอมบ์ จากระยะอนันต์มาที่จุดนั้น (ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์มีค่าเป็นบวกและลบเวลาคำนวณต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุ)



สูตรศักย์ไฟฟ้า  $V = \frac{KQ}{r}$

สูตรศักย์ไฟฟ้ารวม  $\Sigma V = \Sigma \left( \frac{KQ}{r} \right) = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_4$

### ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลม



เมื่อ E คือ สนามไฟฟ้า

Q คือ ประจุไฟฟ้า

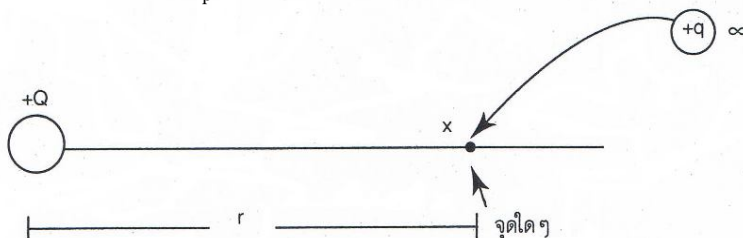
R คือ รัศมีทรงกลม

r คือ ระยะห่าง

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

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

พลังงานศักย์ไฟฟ้า  $E_p$  คือ งานในการเคลื่อนประจุ  $+q$  จากอนันต์มายังจุดใด ๆ



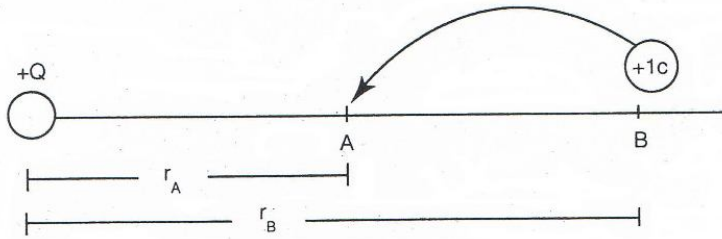
$$W_{\infty x} = q(V_x - V_{\infty})$$

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

หมายเหตุ พลังงานศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์ต้องแทนเครื่องหมายประจุ บวก และลบด้วย

**ความต่างศักย์ (Potential different)**

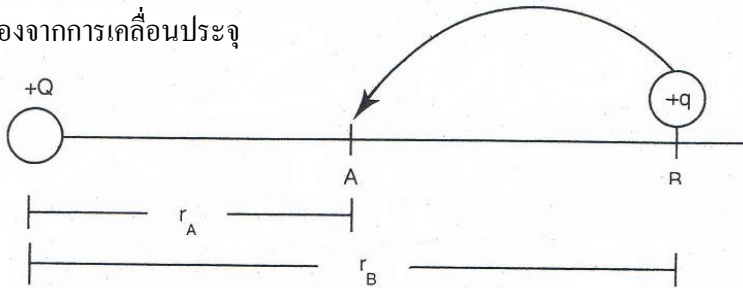
ความต่างศักย์ คือ งานในการเคลื่อนประจุ +1 คูลอมม์ จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง เช่น ความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B คือ งานในการเคลื่อนประจุ +1 c จาก B ไปหา A



กำหนดให้  $V_{AB}$  = ความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B  
 $V_A$  = ศักย์ไฟฟ้าที่ A       $V_B$  = ศักย์ไฟฟ้าที่ B  
 $K = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$        $r$  = ระยะห่าง

**งานไฟฟ้า**

งานเนื่องจากการเคลื่อนประจุ

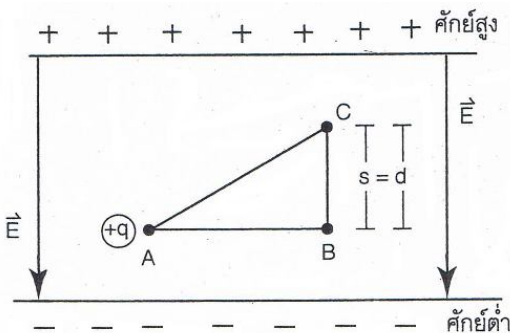


งานเนื่องจากการเคลื่อนประจุจาก B ไป A จะได้  $W_{BA} = q(V_A - V_B) = q(V_{AB})$

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

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

**งานเนื่องจากการเคลื่อนประจุในสนามไฟฟ้า**



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

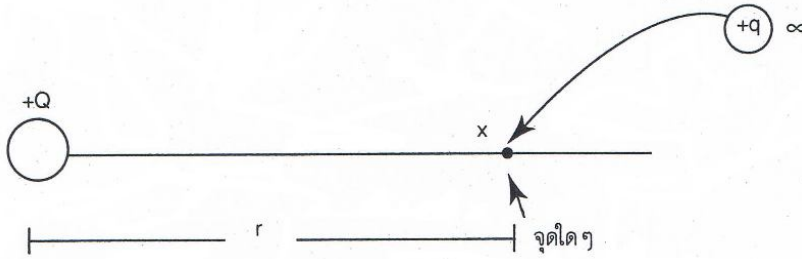
$$V_{AB} = V_A - V_B \text{ เป็นบวก เมื่อ } V_A > V_B$$

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



**พลังงานศักย์  $E_p$ , เปรื่องประจุจากความต่างศักย์**

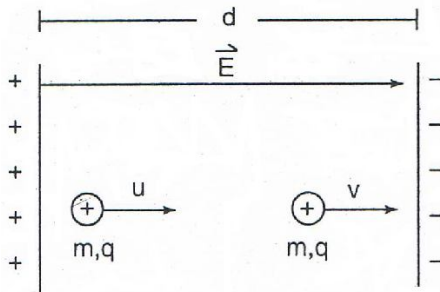
พลังงานศักย์ ( $E_p$ ) คือ งานในการเคลื่อน  $+q$  จากอนันต์มายังจุดใด ๆ



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

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

เรื่งประจุจากความต่างศักย์ เปลี่ยนพลังงานศักย์ไฟฟ้าเป็นพลังงานจลน์



- q คือ ประจุ
- m คือ มวล
- E คือ สนามไฟฟ้า
- $E_p$  คือ พลังงานศักย์
- u คือ ความเร็วต้น
- v คือ ความเร็วปลาย
- d คือ ระยะห่าง
- $E_k$  คือ พลังงานจลน์

$$E_p = E_k$$

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

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

**ตัวอย่างที่ 1** จงหาศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่างๆ ของประจุต่อไปนี้

- ก. ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ 4 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 5 เซนติเมตร
- ข. ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ - 4 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 10 เซนติเมตร

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 2** สามเหลี่ยมด้านเท่า ABC มีความยาวด้านละ 20 เซนติเมตร ที่จุด A และ B มีประจุ - 2 ไมโครคูลอมบ์ และ 4 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด C

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 3** จุดประจุ 3 จุดประจุ วางอยู่ที่มุมของสามเหลี่ยมด้านเท่ายาวด้านละ 4 เซนติเมตร ทำให้จุดที่เส้นมัธยฐาน ทั้งสามเส้นตัดกันมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์หากจุดประจุ 2 จุดประจุ มีค่า 5 ไมโครคูลอมบ์ และ 3 ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่าจุดประจุจุดที่ 3

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 4** ในการเคลื่อนที่ของประจุ 2 คูลอมบ์ ในสนามไฟฟ้า จากจุด A ไปที่จุด B ปรากฏว่าเกิดงาน 10 จูล ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A = 2 โวลต์ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด B มีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 5** ในการเกิดฟ้าผ่าครั้งหนึ่ง ปรากฏว่าอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากดินขึ้นไปสู่ก้อนเมฆ เสียพลังงานไป 5 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ จงหาความต่างศักย์ระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดิน กำหนดให้ (พลังงาน 1 อิเล็กตรอน-โวลต์ =  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมบ์)

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 6** ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล  $4 \times 10^{-12}$  กิโลกรัม ที่มีประจุ  $8 \times 10^{-7}$  คูลอมบ์จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร /วินาที จะต้องใช้ต่างศักย์เท่าใด

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 7** อนุภาคมีประจุ  $2 \times 10^{-5}$  คูลอมบ์ เริ่มเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งไปบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 50 โวลต์/เมตร เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ได้ X เมตร ในทิศเดียวกับทิศของสนามอนุภาคจะมีพลังงานเป็น  $1 \times 10^5$  จูล ระยะ X มีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 8** โปรตอนมวล  $1.67 \times 10^{-27}$  กิโลกรัม มีประจุ  $1.6 \times 10^{-19}$  คูโลมบ์ เริ่มต้นเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจาก A ไป B ถ้าศักย์ไฟฟ้าที่จุด B สูงกว่าที่จุด A 100 โวลต์ อัตราเร็วของโปรตอนขณะผ่านจุด B มีค่าเท่าใด

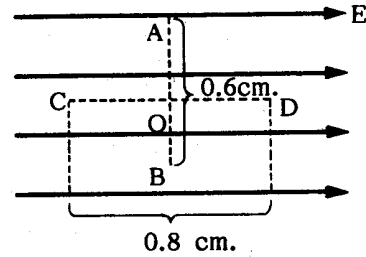
.....

.....

.....

**ตัวอย่างที่ 9** กำหนดจุด A,B,C และ D อยู่ในสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอมีความเข้ม  $E = 2.0 \times 10^5$  V/m จุด A และ B ห่างกัน 0.6 ซม. จุด C และ D ห่างกัน 0.8 ซม. เส้นตรง AB และ CD แบ่งครึ่งและตั้งฉากกันที่จุด O จงคำนวณ

- ก. ความต่างศักย์ระหว่างจุด C กับจุด D  
 ข. งานในการเคลื่อน electron ตัวหนึ่ง จากจุด C ไปยังจุด A



.....

.....

.....

.....

.....

**แบบฝึกหัด 15.5**

คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. บริเวณที่สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่าสนามไฟฟ้า
2. บริเวณที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย
3. บริเวณที่ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย

ข้อที่ผิดคือ

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| ก. ข้อ 1 และ 2 | ข. ข้อ 1 และ 3    |
| ค. ข้อ 2 และ 3 | ง. ข้อ 1, 2 และ 3 |

2. แผ่นตัวนำขนานห่างกัน 10 cm มีความต่างศักย์ 24 V ทำให้เกิดสนามสม่ำเสมอตามแนวตั้งเมื่อนำลูกพิทมวล 0.6 g ที่มีประจุ  $5 \times 10^{-6}$  C มาแขวนไว้ด้วยด้ายเบาเส้นเล็กๆ ยาว 3 cm ปลายหนึ่งผูกติดอยู่กับแผ่นโลหะแผ่นบน ปรากฏว่าเส้นด้ายขาดลูกพิทจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งกี่  $m/s^2$

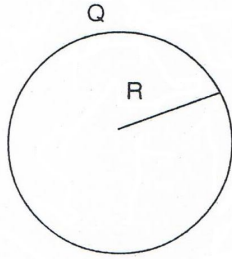
- |              |              |
|--------------|--------------|
| ก. 6 $m/s^2$ | ข. 7 $m/s^2$ |
| ค. 8 $m/s^2$ | ง. 9 $m/s^2$ |



### ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า

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 คือ ความจุ หน่วยเป็นฟารัด

Q คือ ประจุ หน่วยเป็นคูลอมบ์

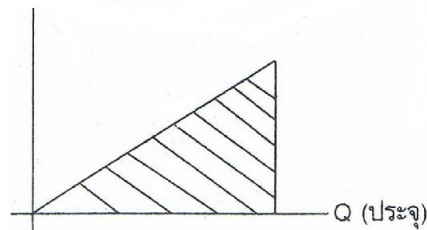
V คือ ศักย์ไฟฟ้า หน่วยเป็นโวลต์

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 คือ พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ (จูล)

Q คือ ประจุไฟฟ้า (คูลอมบ์)

C คือ ความจุ (ฟารัด)

V คือ ศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)

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

### การต่อตัวเก็บประจุ

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม	การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน
<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_{รวม} = V_1 + V_2 + V_3</math></li> <li><math>Q_{รวม} = Q_1 = Q_2 = Q_3</math></li> <li><math>\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}</math></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_{รวม} = V_1 = V_2 = V_3</math></li> <li><math>Q_{รวม} = Q_1 + Q_2 + Q_3</math></li> <li><math>C_{รวม} = C_1 + C_2 + C_3</math></li> </ol>

**ตัวอย่างที่ 1** ตัวนำทรงกลม A และ B มีรัศมี 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตรตามลำดับ เก็บประจุเท่ากัน ทรงกลม A จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นกี่เท่าของทรงกลม B

.....  
.....

**ตัวอย่างที่ 2** ตัวนำทรงกลมมีศักย์ไฟฟ้า 500 โวลต์ เมื่อเก็บประจุ 25 ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่าความจุของตัวนำนี้

.....  
.....

**ตัวอย่างที่ 3** ตัวเก็บประจุ  $40 \mu\text{F}$  ต่อกับความต่างศักย์ 9 โวลต์ จงหาประจุบนตัวเก็บประจุนี้

.....  
.....

**ตัวอย่างที่ 4** ตัวเก็บประจุหนึ่งมีอักษรเขียนไว้  $0.05 \mu\text{F}$ , 400 V จะสามารถเก็บประจุไว้ได้สูงสุดเท่าใด ถ้าเอาไปใช้งานที่ต้องการเก็บประจุ 15 ไมโครคูลอมบ์ ต้องต่อกับความต่างศักย์เท่าใด

.....  
.....

**ตัวอย่างที่ 5** แผ่นโลหะขนานห่างกัน 2 เซนติเมตร ใช้ทำเป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุ 50 พิโกฟารัด ถ้าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะมีค่า 600 นิวตัน / คูลอมบ์ อยากทราบว่าตัวเก็บประจุนี้มีประจุเท่าใด

.....  
.....

**ตัวอย่างที่ 6** ถ้าใช้ตัวต้านทาน 10 โอห์ม ต่อคร่อมตัวเก็บประจุขนาด 2,000 ไมโครฟารัด เพื่อคายประจุจากค่าประจุเริ่มต้น 2 คูลอมบ์ จนไม่มีประจุเหลืออยู่เลย จะเกิดความร้อนบนตัวต้านทานกี่จูล

.....  
.....

**ตัวอย่างที่ 7** ตัวเก็บประจุขนาด 25 ไมโครฟารัด เมื่อต่อกับความต่างศักย์ 100 โวลต์ จงหาพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

.....  
.....



3. จงหาประจุบนตัวเก็บประจุที่มีความจุไฟฟ้า  $72 \mu\text{F}$  ที่นำมาต่อขนานกันเพื่อเก็บประจุ โดยต่อกับความต่างศักย์  $1,000$  โวลต์ ว่ามีค่าเท่าไร

- ก.  **$0.072 \text{ C}$**       ข.  $0.014 \text{ C}$       ค.  $0.72 \text{ C}$       ง.  $0.14 \text{ C}$

4. ทรงกลมลูกหนึ่งที่มีรัศมี  $1$  เมตร มีประจุ  $5$  คูลอมบ์ จงหาความจุไฟฟ้าของทรงกลมนี้เป็นกีฟารัด ตอบในเทอมของค่า  $K$

- ก.  $20 \text{ K}$       ข.  $K/2$       ค.  $1/20 \text{ K}$       ง.  **$1/K$**

5. โลหะตัวนำทรงกลม  $A$  และ  $B$  มีรัศมี ถ้าเดิมประจุ  $Q$  ในปริมาณ  $1:2$  ให้กับตัวนำทรงกลมทั้งสองตามลำดับ หาอัตราส่วนของ  $C_A : C_B$

- ก.  $1:1$       ข.  **$1:2$**       ค.  $2:1$       ง.  $1:4$

6. ตัวเก็บประจุบนแผ่นขนานคู่ มีอักษรเขียนเป็น " $0.05 \mu\text{F} \quad 400 \text{ V}$ " จะสามารถเก็บประจุไว้ได้สูงสุดเท่าไรเมื่อนำไปใช้งานจริงต้องการให้เก็บได้  $10 \mu\text{C}$  จะต้องต่อกับความต่างศักย์เท่าไร

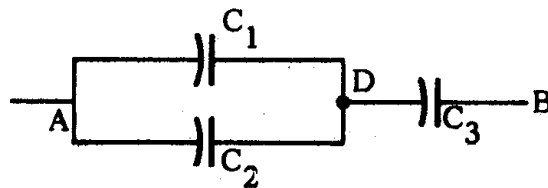
- ก.  **$20 \mu\text{C}, 200 \text{ V}$**       ข.  $30 \mu\text{C}, 600 \text{ V}$   
 ค.  $40 \mu\text{C}, 600 \text{ V}$       ง.  $30 \mu\text{C}, 400 \text{ V}$

7. ตัวเก็บประจุมีความจุ  $5$  ฟารัด ปลายทั้งสองต่อเข้ากับความต่างศักย์  $4,000$  โวลต์ จงคำนวณหาพลังงานสะสมว่ามีค่าเท่าไร

- ก.  $2 \times 10^7 \text{ J}$       ข.  **$4 \times 10^7 \text{ J}$**       ค.  $6 \times 10^7 \text{ J}$       ง.  $8 \times 10^7 \text{ J}$

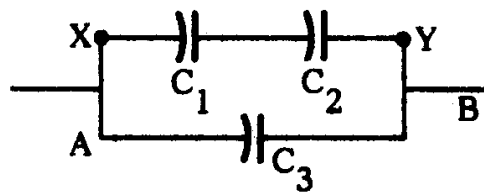
8. จากรูป กำหนด  $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ;  $C_2 = 3 \mu\text{F}$ ;  $C_3 = 4 \mu\text{F}$  จงคำนวณหาความจุรวมระหว่าง  $AB$

- ก.  **$2 \mu\text{F}$**   
 ข.  $4 \mu\text{F}$   
 ค.  $8 \mu\text{F}$   
 ง.  $16 \mu\text{F}$



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

- ก.  $2 \mu\text{F}$   
 ข.  $4 \mu\text{F}$   
 ค.  $8 \mu\text{F}$   
 ง.  **$23 \mu\text{F}$**



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

- ก.  $20 \mu\text{F}$   
 ข.  **$30 \mu\text{F}$**   
 ค.  $50 \mu\text{F}$   
 ง.  $80 \mu\text{F}$

