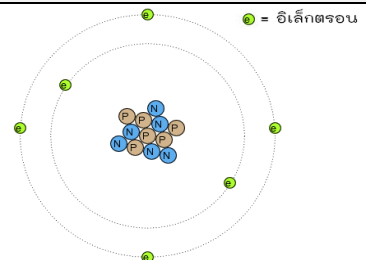
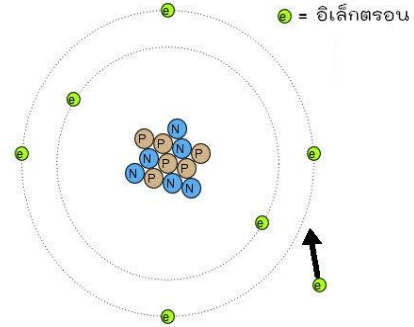
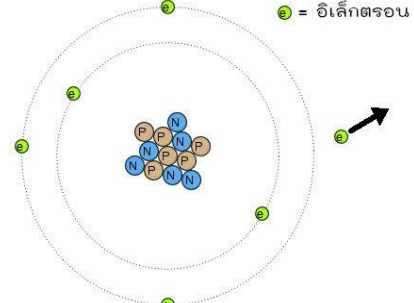


ไฟฟ้าสถิต (static electricity)

ไฟฟ้าสถิต เป็นปรากฏการณ์ที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากัน โดยการเกิดประจุไฟฟ้านั้นจะเกิดจากการสูญเสียหรือการได้รับอิเล็กตรอน

ชนิดของประจุ	โครงสร้างอะตอม	คุณสมบัติ
อะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า	 ● = อิเล็กตรอน	ในอะตอมนั้นมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน
อะตอมที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ	 ● = อิเล็กตรอน	ในอะตอมนี้มีจำนวนโปรตอนน้อยกว่าอิเล็กตรอนเท่ากัน (อะตอมนี้ได้รับอิเล็กตรอน)
อะตอมที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก	 ● = อิเล็กตรอน	ในอะตอมนี้มีจำนวนโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอนเท่ากัน (อะตอมนี้สูญเสียอิเล็กตรอน)

1. กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า

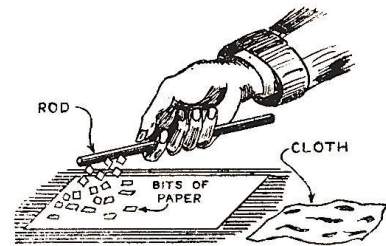
ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันผลักกัน ส่วนประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันดูดกัน อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะดูดอนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้าโดย การเหนี่ยวนำ

อนุภาค	มวล (kg)	ประจุไฟฟ้า (C)
อิเล็กตรอน (e)	9.1×10^{-31}	-1.6×10^{-19}
โปรตอน (p)	1.67×10^{-27}	$+1.6 \times 10^{-19}$
นิวตรอน (n)	1.67×10^{-27}	เป็นกลาง

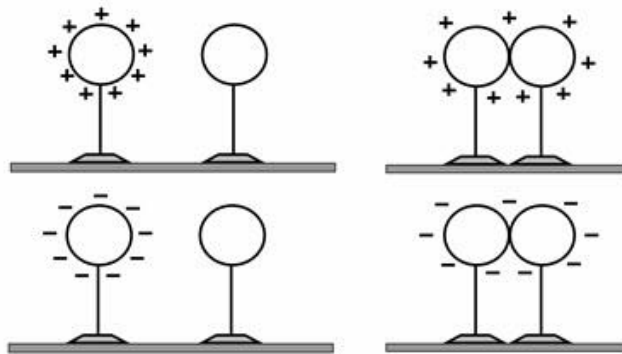
2. การเกิดประจุไฟฟ้าบนวัตถุ

เมื่อวัตถุมีอำนาจไฟฟ้าแสดงว่าวัตถุนั้นมีประจุไฟฟ้าบวกสุทธิ หรือประจุไฟฟ้าลบสุทธิบนวัตถุนั้น วิธีการทำให้วัตถุมีประจุสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

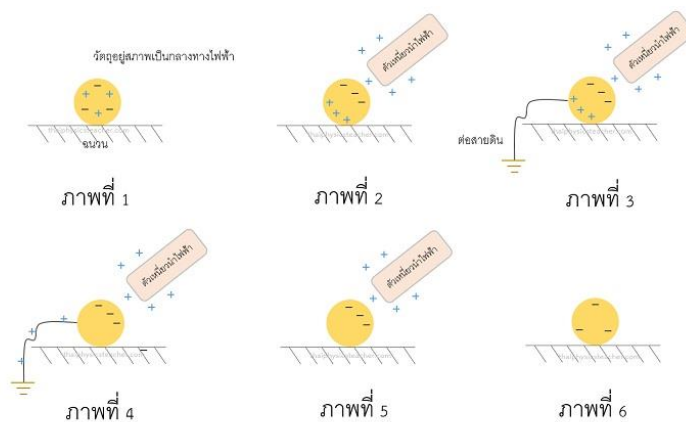
1. การขัตลี เมื่อนำวัตถุต่างชนิดที่มีความเหมาะสมกันมาถูกันแล้วจะปรากฏว่า มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นบนผิวของวัตถุแต่ละชิ้นนั้น



2. การสัมผัสหรือการถ่ายเทเมื่อนำวัตถุที่มีประจุมาสัมผัสกับวัตถุที่เป็นกลาง หรือนำวัตถุที่มีประจุทั้งคู่มาสัมผัสกัน จะเกิดการถ่ายเทประจุระหว่างวัตถุทั้งสอง และจะหยุดการถ่ายเทเมื่อจนวัตถุทั้งสองจะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน



3. การเหนี่ยวนำ คือ การนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเข้าใกล้วัตถุที่เป็นกลางแล้วทำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดประจุชนิดตรงข้าม ที่ด้านใกล้ และประจุชนิดเดียวกันที่ด้านไกลออกไป



ตัวนำและฉนวนไฟฟ้า คือ สสาร วัตถุ วัสดุ หรือ อุปกรณ์ที่สามารถยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย หรือวัตถุที่มีความต้านทานต่ำ เงินเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด แต่ในสายไฟทั่วไปจะใช้ทองแดงเป็นตัวนำ

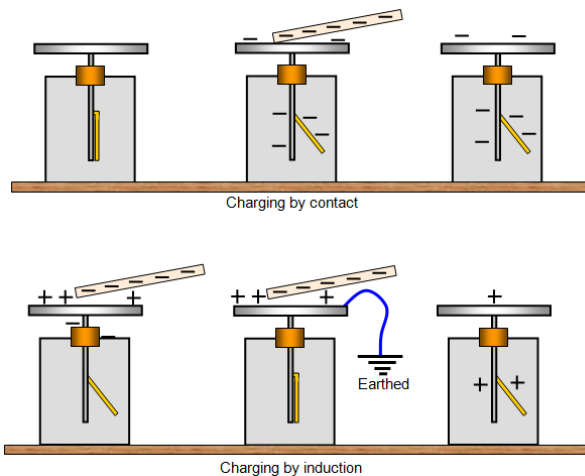
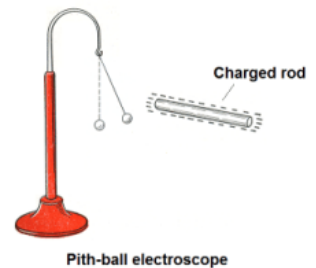
ฉนวน คือ สสาร วัตถุ วัสดุ หรือ อุปกรณ์ที่ไม่สามารถยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ หรือต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าไม่ให้ผ่านไปได้ ได้แก่ พลาสติก, ยาง และแก้ว เป็นต้น

สารกึ่งตัวนำ คือ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำ

3. อิเล็กโทรสโคป (Electroscope)

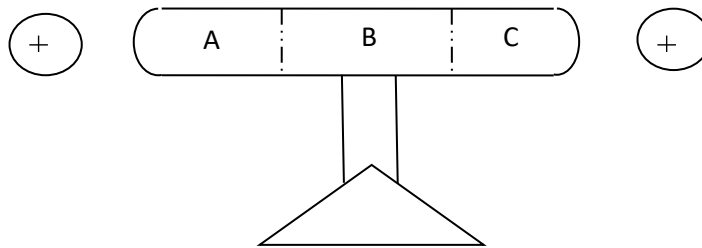
อิเล็กโทรสโคป เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบว่าวัตถุนั้นมีประจุหรือไม่ และอาจจะใช้ตรวจสอบว่ามีประจุไฟฟ้าชนิดใด โดยอาศัยหลักการการเหนี่ยวนำของประจุ มี 2 แบบคือ

1. **อิเล็กโทรสโคปแบบลูกพิท** อิเล็กโทรสโคปแบบนี้ เป็นอิเล็กโทรสโคปแบบง่ายที่สุด ประกอบด้วยลูกกลมเล็กที่ทำด้วยไส้ไม้ โสณ หรือไส้หญ้าปล้องซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ตัวลูกกลมแขวนด้วยเชือกด้าย หรือไหมเส้นเล็กๆ จากปลายเสาที่ตั้งบนแท่นฉนวนไฟฟ้า
2. **อิเล็กโทรสโคปแบบแผ่นทองคำเปลว** อิเล็กโทรสโคปแบบนี้



แบบฝึกทักษะ 1

โลหะทรงกระบอกยาวปลายมนเป็นกลางทางไฟฟ้าตั้งอยู่บนฐานที่เป็นฉนวน ถ้านำประจุบวกขนาดเท่ากันมาใกล้ปลายทั้งสองข้างพร้อมกัน โดยระยะห่างจากปลายเท่าๆกันตามลำดับ การกระจายของประจุบนส่วน A , B และ C ของทรงกระบอกจะเป็นอย่างไร



1. แท่งแก้วด้วยผ้าแพรแล้วเกิดประจุไฟฟ้าได้เพราะ

ก. การทำให้มีประจุชนิดหนึ่งเกิดขึ้นมา

ค. ประจุเกิดจากแรงเสียดทาน

ข. ประจุถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง

ง. ประจุเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวล
3. เมื่อนำสาร ก มาถูกับสาร ข พบว่าสาร ก มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น สาร ก ต้องเป็นสารประเภทใด

ก. ตัวนำ

ข. ฉนวน

ค. กึ่งตัวนำ

ง. โลหะ
4. เมื่อให้ประจุนี้อิสระแก่จานโลหะ A ของอิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นโลหะ แล้วนำวัตถุ B ซึ่งมีประจุเข้ามาล่อใกล้ๆ จาน A ปรากฏว่าแผ่นโลหะของอิเล็กโตรสโคปก้านน้อยลง จานโลหะ A และวัตถุ B มีประจุชนิดใด

ก. A มีประจุลบ และ B มีประจุบวก

ข. A มีประจุลบ และ B มีประจุลบ

ข. A มีประจุบวก และ B มีประจุบวก

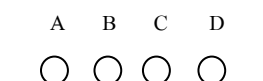
ง. A มีประจุบวก และ B เป็นกลาง
5. ตัวนำทรงกลม A , B , C , D มีขนาดเท่ากันและเป็นกลางทางไฟฟ้าวางติดกันตามลำดับอยู่บนฉนวนไฟฟ้า นำประจุลบเข้าใกล้ทรงกลม D แล้วแยกให้ออกจากกันทีละลูก โดยเริ่มจาก A ก่อนจนกระทั่งถึง C หลังจากแยกกันแล้ว ประจุที่อยู่บนทรงกลมแต่ละลูกจะเป็นอย่างไร

ก. ลบ กลาง ลบ บวก

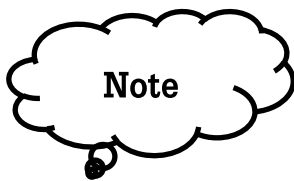
ข. ลบ บวก บวก บวก

ค. ลบ กลาง กลาง บวก

ง. ลบ ลบ ลบ บวก



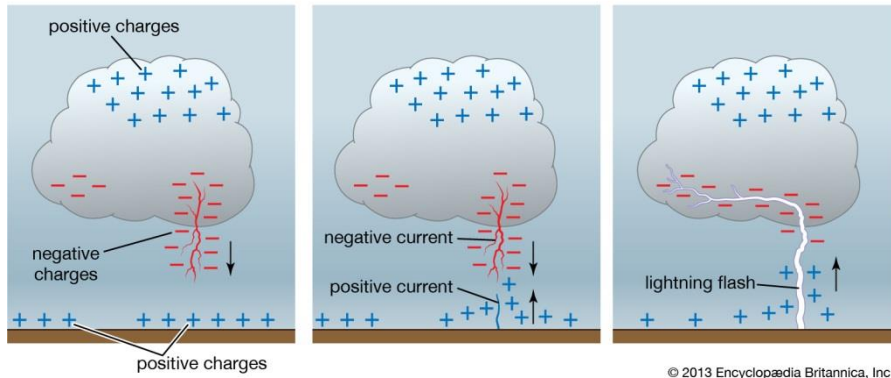
6. ถ้ามีลูกปัดอยู่ 3 ลูก เมื่อทดลองนำลูกปัดเข้าใกล้กันทีละคู่จนครบ 3 คู่ปรากฏว่า แรงกระทำระหว่างลูกปัดทั้ง 3 คู่ เป็นแรงดึงดูด ข้อสรุปต่อไปนี้ข้อใดถูกต้องที่สุด
- ก. ทั้ง 3 ลูกต่างมีประจุไฟฟ้า
 - ข. ลูกปัดลูกหนึ่งมีประจุไฟฟ้าส่วนอีก 2 ลูกไม่มี
 - ค. ลูกปัด 2 ลูกมีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน ส่วนลูกที่เหลือไม่มีประจุ
 - ง. ลูกปัด 2 ลูกมีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน ส่วนลูกที่เหลือไม่มีประจุ



ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า (Thunder) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุอิเล็กตรอนภายในก้อนเมฆ หรือระหว่างก้อนเมฆกับก้อนเมฆ หรือเกิดขึ้นระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดิน

How lightning develops



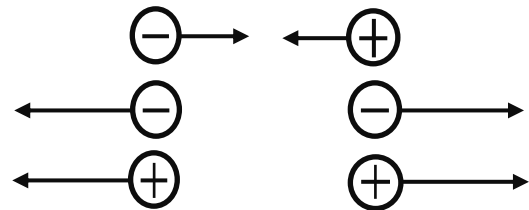
© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

ที่มา <https://kids.britannica.com/kids/article/lightning/390250#226783-toc>

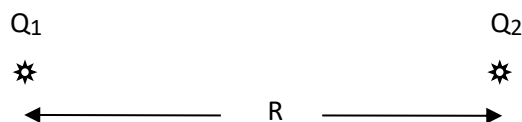
♣ แรงระหว่างประจุ

แรงกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้า

วัตถุที่มีประจุต่างชนิดกันจะออกแรงดูดกัน
วัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงผลักกัน



เมื่อมีประจุไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ประจุขึ้นไปมาอยู่ใกล้กันจะมีแรงกระทำต่อกัน ถ้าเป็นประจุชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักกัน และถ้าเป็นประจุต่างชนิดกันจะเกิดแรงดูดกัน ขนาดของแรงหาได้จาก **กฎของคูลอมบ์**



ประจุ Q_1 และ Q_2 อยู่ห่างกันเป็นระยะทาง R แรงระหว่างประจุ Q_1 และ Q_2 ขึ้นอยู่กับปริมาณต่อไปนี้

$$F \propto Q_1 Q_2$$

$$F \propto \frac{1}{R^2}$$

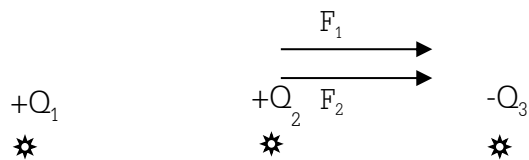
ดังนั้น $F \propto \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$

เพราะฉะนั้น $F = K \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$

K เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 9×10^9 นิวตัน เมตร² ต่อ คูลอมบ์² เรียกค่า K นี้ว่าค่าคงที่ทางไฟฟ้า

การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุตัวหนึ่ง ให้ใช้วิธีการรวมเวกเตอร์

1. ให้หาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ $+Q_2$ ต้องพิจารณาที่จุด Q_2



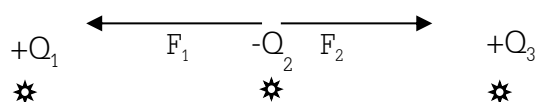
F_1 คือแรงจาก Q_2 กระทำกับ Q_1

F_2 คือแรงที่ Q_2 กระทำกับ Q_3

ผลลัพธ์ของแรงหาได้จาก

$$\Sigma F = F_1 + F_2$$

2. ให้หาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ $-Q_2$ ต้องพิจารณาที่จุด Q_2



F_1 คือแรงจาก Q_2 กระทำกับ Q_1

F_2 คือแรงที่ Q_2 กระทำกับ Q_3

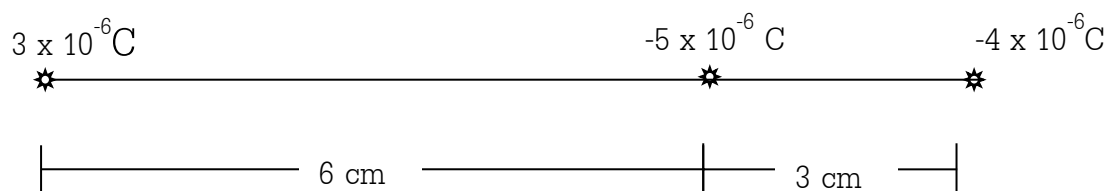
ผลลัพธ์ของแรงหาได้จาก

$$\Sigma F = F_1 - F_2$$

แบบฝึกทักษะ 2

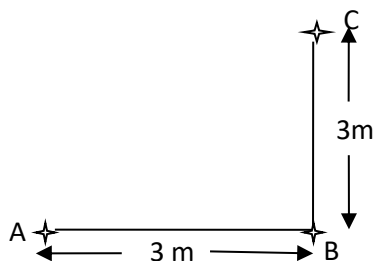
1. ลูกพิธสองลูกแต่ละลูกมีประจุ 1.0 ไมโครคูลอมป์ เมื่อวางห่างกันเป็นระยะ 50 เซนติเมตร และถือว่าลูกพิธทั้งสองมีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่าเป็นจุดประจุ แรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าไร

2. มีประจุเรียงกัน 3 ประจุดังรูป จงหาแรงที่กระทำต่อจุด $-5 \times 10^{-6} \text{ C}$



3. จากระบบ 2 จงหาแรงที่กระทำต่อจุด $-4 \times 10^{-6} \text{ C}$

4.



ประจุไฟฟ้า -3×10^{-4} คูลอมบ์ , 2×10^{-3} คูลอมบ์ , 4×10^{-4} คูลอมบ์
วางที่จุด A , B , และ C ดังรูป จงหาว่าแรงกระทำที่มีต่อประจุ 2×10^{-3}
คูลอมบ์ มีขนาดเท่าไร

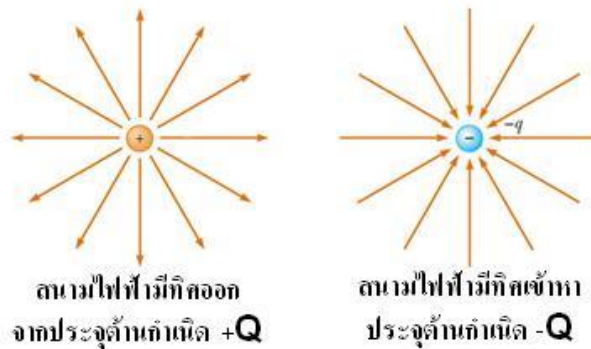
ฝึกสมอง 1

1. เมื่อเอาแท่งแก้วซึ่งมีประจุไฟฟ้า 4.0×10^{-6} คูลอมบ์ เข้าไปไว้ใกล้กับแท่งไม้คอร์กที่เหลื่อมหนา 0.5 เซนติเมตร ถ้าปลายแท่งแก้วห่างจากไม้คอร์ก 1.0 เซนติเมตร และเหนี่ยวนำให้เกิดประจุบนไม้คอร์กด้านที่อยู่ใกล้และไกลไม้คอร์กมีประจุขนาด 1.0×10^{-13} คูลอมบ์ จงหาแรงระหว่างแท่งแก้วและไม้คอร์ก
2. นำแผ่นพีวีซี ที่มีประจุเข้าใกล้ลูกพิธสองลูกที่แขวนอยู่โดยผิวของลูกพิธทั้งสองสัมผัสกัน แล้วแยกลูกพิธทั้งสองออกห่างกัน 10 เซนติเมตร จากนั้นจึงดึงแผ่นพีวีซีออก ปรากฏว่าลูกพิธทั้งสองดึงดูดกันด้วยแรงขนาด 9×10^{-1} นิวตัน มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่าใดที่เคลื่อนที่จากลูกพิธลูกหนึ่งไปยังลูกพิธอีกลูกหนึ่ง

3. ทรงกลมตัวนำเล็กๆ 2 ลูก ขนาดเท่ากันมีมวลลูกละ 3.0×10^{-4} กิโลกรัม ผูกอยู่กับปลายแต่ละข้างของเชือกเล็กๆ เส้นหนึ่งยาว 40 เซนติเมตร เมื่อนำเอาจุดกึ่งกลางของเส้นเชือกไปแขวนไว้ แล้วใส่ประจุแก่ทรงกลมทั้งสองเท่าๆ กัน ปรากฏว่าแรงผลักระหว่างทรงกลมทำให้ทรงกลมแยกออกจากกัน มีระยะเท่ากับ 24 เซนติเมตร จงหาค่าประจุของทรงกลมแต่ละลูก

สนามไฟฟ้า (E)

สนามไฟฟ้าคือบริเวณที่ประจุไฟฟ้าแผ่อำนาจไฟฟ้าไปถึง ดังนั้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากจุดประจุจึงอยู่บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้านั้น



$+Q$ เป็นจุดประจุที่ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า(เรียกประจุ $+Q$ ว่า **ประจุเดิม**) บริเวณโดยรอบประจุ $+Q$ เป็นสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุบวกมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก ถ้าสนามไฟฟ้าเกิดจากประจุลบจะมีทิศพุ่งเข้าหาประจุลบ ดังนั้นสนามไฟฟ้าจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์

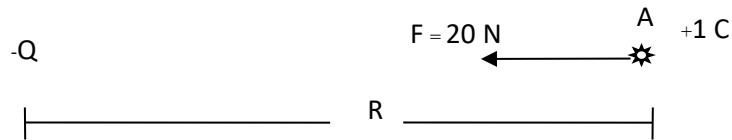
การหาความเข้มของสนามไฟฟ้า

ความเข้มของสนามไฟฟ้าหาได้จากแรงที่เกิดขึ้นกับประจุ $+1$ คูลอมป์(ประจุทดสอบ) เมื่อนำประจุนั้นมาวางในสนามไฟฟ้า ณ จุดที่ต้องการหาความเข้ม ทิศของสนามไฟฟ้าหาได้จากทิศของแรงที่สนามไฟฟ้ากระทำกับประจุทดสอบ $+1$ คูลอมป์



จากรูปประจุ $+Q$ เป็นประจุที่ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า(ประจุเดิม) ถ้าอยากทราบว่าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากประจุเดิมเป็นระยะทาง R เมตรจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าเท่าไร ให้นำประจุทดสอบ $+1$ คูลอมป์ไปวางไว้ที่จุด A แล้วดูว่ามีแรงมากระทำต่อประจุ A เท่าไร แรงที่วัดก็คือขนาดของความเข้มของสนามไฟฟ้าที่จุด A นั้นเอง จากรูป มีแรงขนาด 20 นิวตันมากระทำต่อประจุทดสอบ $+1$ c ดังนั้นความเข้มของสนามไฟฟ้ามีค่า 20 หน่วยมีทิศไปทางขวามือ

ถ้าประจุเดิมเป็น $-Q$ จะเกิดแรงกระทำต่อประจุทดสอบดังรูป ดังนั้นสนามไฟฟ้ามีความเข้ม 20 หน่วยมีทิศไปทางซ้ายมือ

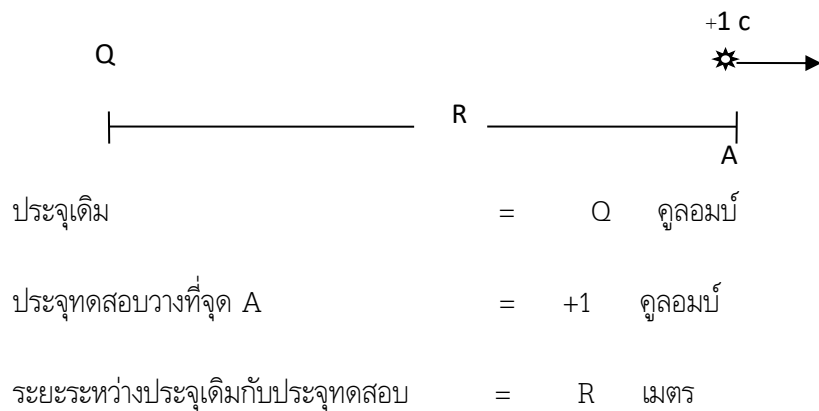


ถ้าประจุเดิมเป็น Q คูลอมป์ ประจุทดสอบเป็น q คูลอมป์ และเกิดแรงกระทำกับประจุทดสอบเท่ากับ F นิวตัน จากนิยามของสนามไฟฟ้า (E) สามารถหาความเข้มของสนามไฟฟ้าได้จาก

$$E = \frac{F}{q}$$

หรือ $F = qE$

ความเข้มของสนามไฟฟ้ายังหาได้จากแรงระหว่างประจุเดิมกระทำต่อประจุทดสอบตามนิยามของสนามไฟฟ้า ที่ว่าขนาดของสนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับแรงที่มากระทำต่อประจุทดสอบ $+1$ คูลอมป์



แรง F ที่เกิดขึ้นกับประจุทดสอบ $+1$ c จะมีค่าเท่ากับความเข้มของสนามไฟฟ้า

จากกฎของคูลอมบ์

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

$$F = K \frac{Q \times 1}{R^2}$$

$$E = \frac{KQ}{R^2}$$

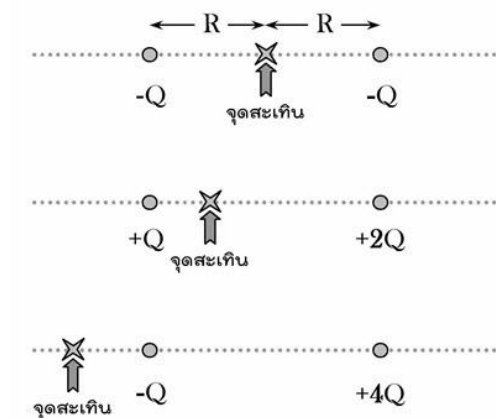
สรุป สมการในการหาค่าความเข้มของสนามไฟฟ้ามี 2 สมการคือ

1. $E = \frac{F}{q}$ ใช้เมื่อรู้ค่าของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบและขนาดของประจุทดสอบ แต่ไม่รู้ค่าของประจุเดิม(Q) และระยะระหว่างประจุเดิมกับประจุทดสอบ
2. $E = \frac{KQ}{R^2}$ ใช้เมื่อรู้ค่าของประจุเดิมและระยะห่างระหว่างประจุเดิมกับตำแหน่งที่ต้องการหาความเข้มของสนามไฟฟ้า

จุดสะเทิน (Neutral point)

จุดสะเทิน หมายถึง จุดในสนามไฟฟ้าซึ่งมีค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์

ทั้งนี้เนื่องจาก ณ จุดนั้นอาจปรากฏมีสนามไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุดสองสนาม มีความเข้มสนามไฟฟ้าเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม อำนาจไฟฟ้าจึงหักล้างกันหมด หรือหาก ณ จุดนั้นมีสนามไฟฟ้ามากกว่าสองสนาม แต่ค่าความเข้มและทิศทางของสนามไฟฟ้าเหล่านั้นอยู่ในลักษณะที่อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด จุดนั้นเป็นจุดสะเทินได้



“เหมือนระหว่าง ต่างข้างนอก” และ “ใกล้ตัวน้อย ใกล้ตัวมาก”

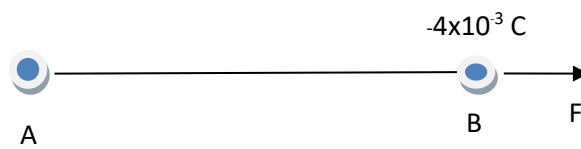
http://119.46.166.126/self_all/selfaccess12/m6/683/page1.php

การทดลองสนามไฟฟ้า

การทดลองสนามไฟฟ้า

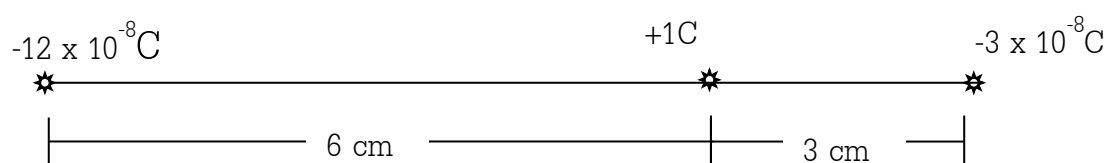
แบบฝึกทักษะ 3

1. จากรูปแรง F มีขนาดเท่ากับ 20×10^3 นิวตัน กระทำต่อประจุ B ถ้านำประจุ B ออกไป สนามไฟฟ้าที่จุดนี้จะมีค่าเท่าไร

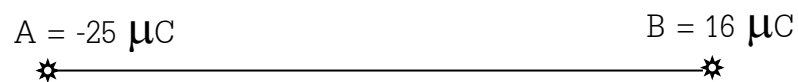


2. ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากประจุหนึ่งเป็นระยะ 2.0 เซนติเมตร มีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็น 10^5 นิวตันต่อคูลอมบ์ จงหาขนาดของสนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดนี้ 1.0 เซนติเมตร

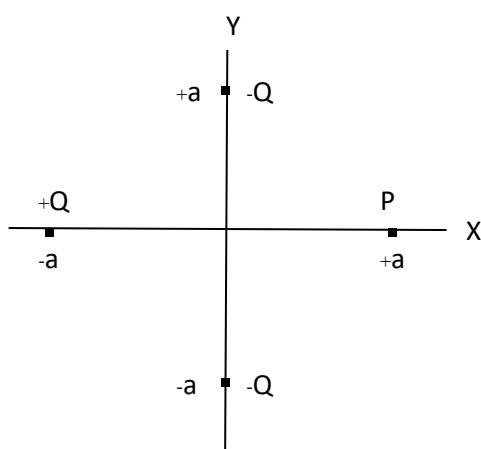
3. จงหาสนามไฟฟ้าที่จุดประจุทดสอบ $+1$



4. จงหาว่าบริเวณใดที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็น 0 โดยจุดประจุทั้งสองห่างกัน 5 เซนติเมตร



5. ในรูปแสดงประจุ Q มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ ระยะทาง a มีหน่วยเป็นเมตร ให้ k เป็นค่าคงที่ของกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้าที่จุด P มีค่าเท่าไร



- ก. $0.25 \frac{KQ}{a^2}$
- ข. $0.45 \frac{KQ}{a^2}$
- ค. $0.75 \frac{KQ}{a^2}$
- ง. $0.95 \frac{KQ}{a^2}$
- จ. $1.25 \frac{KQ}{a^2}$



ฝึกสมอง 2

1. ที่จุด A มีความเข้มของสนามไฟฟ้า $1.5 \times 10^6 \text{ N/C}$ มีทิศไปทางใต้ เมื่อนำประจุ $-5 \mu\text{C}$ ไปวางที่จุด A จงหาขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุ
2. จุด A และจุด B วางอยู่ในระนาบเดียวกันเป็นเส้นตรง ซึ่งห่างกัน 6 เซนติเมตร เมื่อนำประจุ $5 \mu\text{C}$ วางไว้ที่จุด A จงหาว่าที่จุด B จะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าเป็นเท่าใด
3. ประจุขนาด $9 \mu\text{C}$ และ $6 \mu\text{C}$ วางอยู่ที่จุด A และ B ซึ่งห่างกัน 20 เซนติเมตร จงหาว่าจุดสะเทินจะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งใดตามแนวเส้นตรง AB



ศักย์ไฟฟ้า

ศักย์ไฟฟ้า หมายถึงพลังงานศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนประจุทดสอบ +1 คูลอมบ์ เมื่อนำประจุทดสอบนั้นวางไว้ในบริเวณสนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าไม่มีทิศทางจึงเป็นปริมาณสเกลาร์

ถ้าใช้ประจุทดสอบ q มาวางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าแล้วเกิดพลังงานศักย์ไฟฟ้าบนประจุ q เท่ากับ E_p ถ้าให้ ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ V จากนิยามของศักย์ไฟฟ้าจะได้ว่า

$$V = \frac{E_p}{q}$$

$$\text{หรือ} \quad E_p = qV$$

ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าจึงมีหน่วยเป็น จูลต่อคูลอมบ์ หรือเรียกอีกอย่างว่า **โวลต์**

ศักย์ไฟฟ้ายังหมายถึงงานในการเคลื่อนประจุทดสอบ +1 คูลอมบ์ จาก $\square$ มายังจุดที่ต้องการหาศักย์ไฟฟ้า

เช่น จุด A อยู่ในสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุเดิม Q ถ้าในการเคลื่อนประจุ +1 คูลอมบ์ จาก $\square$ มายังจุด A ต้องทำงานเท่ากับ W ดังนั้นศักย์ไฟฟ้ามีค่า V



ถ้าประจุทดสอบไม่ใช่ +1 คูลอมบ์แต่เป็นประจุ q คูลอมบ์ และต้องใช้งานในการเคลื่อนประจุ Q จาก $\square$ มาที่จุด A เท่ากับ W ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้า V จะหาได้จาก

$$V = \frac{W}{q}$$

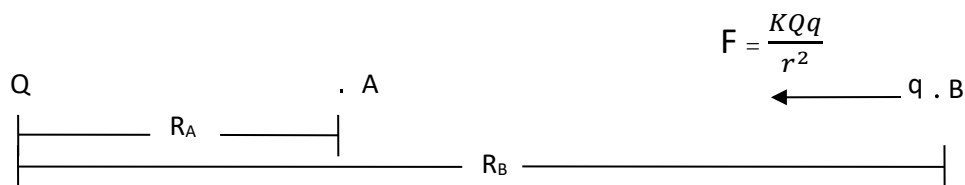
ความต่างศักย์ไฟฟ้า

หมายถึงผลต่างของศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุด ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B หาได้จาก $V_B - V_A$ ถ้าศักย์ไฟฟ้าที่ B สูงกว่าที่ A ความต่างศักย์เป็นบวก แต่ถ้าศักย์ไฟฟ้าที่ B ต่ำกว่าที่ A ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ

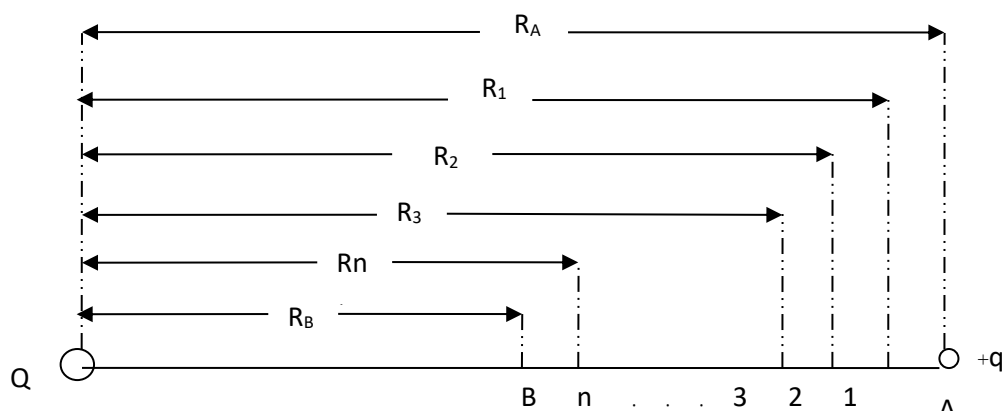
หรืออาจกล่าวได้ว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง 2 ตำแหน่งคืองานที่เกิดจากการเคลื่อนประจุ $+1\text{ C}$ ในสนามไฟฟ้า จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง

$$V_B - V_A = \frac{W}{q} \quad (W = \text{งานในการเคลื่อนประจุ } q \text{ จาก A ไป B})$$

ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากจุดประจุ



จุด A และ B ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ Q ออกมาเป็นระยะ R_A และ R_B ตามลำดับ โดยประจุ Q จุด A และ B อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ถ้าเคลื่อนประจุ $+q$ จาก A ไปยัง B ด้วยอัตราเร็วคงตัว เราต้องออกแรง F โดยขนาดของแรง F จะเท่ากับขนาดของแรงที่สนามไฟฟ้าต่อต้านการเคลื่อนที่ของประจุ งานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนประจุ $+q$ จาก A ไป B หาได้ดังนี้



แบ่งระยะจาก A ถึง B ออกเป็นช่วงสั้นๆ โดยแต่ละช่วงต้องสั้นเพียงพอที่จะถือว่าขนาดของแรงตลอดช่วงนั้นๆ มีค่าคงตัว ซึ่งจะหางานได้จาก $W = Fs$ ถ้าให้งานในการเคลื่อนประจุ $+q$ จากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่งที่ 1 เป็น W_{A1} จะได้ว่า

$$W_{A1} = F (R_A - R_1)$$

แต่ $F = \frac{KQq}{R^2}$ ซึ่งถือว่าคงตัวในช่วงสั้นๆ จากตำแหน่ง A ไปถึงตำแหน่งที่ 1 นั่นคือ R เปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือกล่าวได้ว่า R_A มีค่าใกล้เคียง R_1 มากจนถือว่า $R^2 = R_A R_1$

$$\text{ดังนั้น} \quad W_{A1} = \frac{KQq}{R_A R_1} (R_A - R_1)$$

$$= KQq \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_A} \right)$$

$$\text{ในทำนองเดียวกัน } W_{12} = KQq \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)$$

$$W_{23} = KQq \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$W_{nB} = KQq \left(\frac{1}{R_B} - \frac{1}{R_n} \right)$$

ดังนั้นงานทั้งหมด W ที่ต้องทำในการเคลื่อนประจุ +Q จาก A มา B มีค่า

$$W = W_{A1} + W_{12} + W_{13} + W_{14} + \dots + W_{nB}$$

$$= KQq \left\{ \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_A} \right) + \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) + \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_2} \right) + \dots + \left(\frac{1}{R_B} - \frac{1}{R_n} \right) \right\}$$

$$= KQq \left(\frac{1}{R_B} - \frac{1}{R_A} \right)$$

$$\text{เพราะฉะนั้น} \quad \frac{W}{q} = KQ \left(\frac{1}{R_B} - \frac{1}{R_A} \right)$$

$$\frac{W}{q} = \frac{KQ}{R_B} - \frac{KQ}{R_A}$$

$$\text{แต่ } \frac{W}{q} \text{ คือความต่างศักย์ระหว่าง A กับ B ดังนั้น} \quad V_B - V_A = \frac{KQ}{R_B} - \frac{KQ}{R_A}$$

ถ้าให้จุด A อยู่ที่ ∞ และถือว่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ดังนั้น

$$V_B = \frac{KQ}{R_B}$$

นั่นคือศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากประจุ Q เป็นระยะ R หาได้จาก

$$V = \frac{KQ}{R}$$

ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์ดังนั้นศักย์ไฟฟ้ารวมที่ตำแหน่งใดๆ หาได้จากผลรวมทางพีชคณิตของ ศักย์ไฟฟ้าอันเนื่องมาจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ

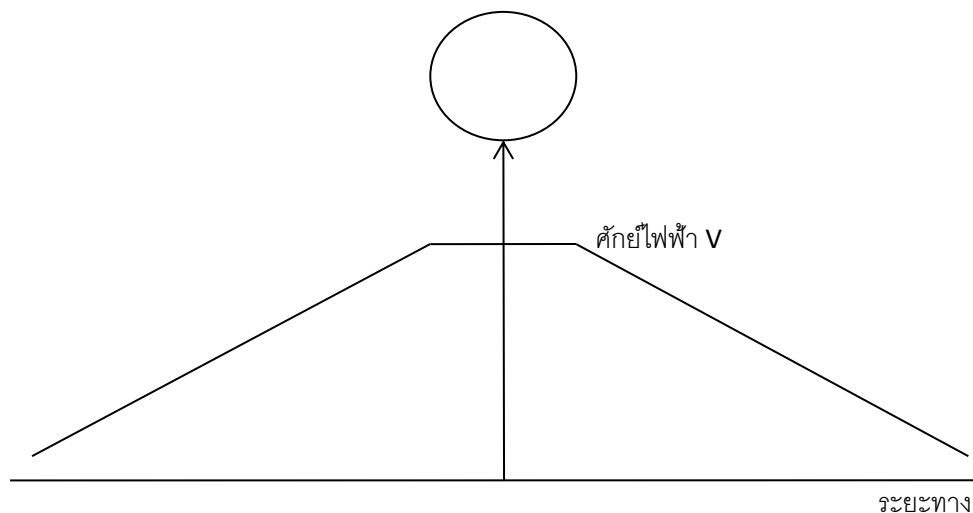
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ศักย์ไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม

ถ้ามีประจุ Q อยู่บนตัวนำทรงกลม ประจุจะกระจายอยู่ที่ผิวตัวนำการหาศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากประจุบนตัวนำให้ คิดเสมือนว่าประจุบนตัวนำเป็นจุดประจุอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม

$$V = \frac{KQ}{R}$$

V คือศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางทรงกลมเป็นระยะทาง R และ Q คือขนาดประจุไฟฟ้าบนทรงกลม และศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำจะมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมเพราะภายในตัวนำสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์งานในการเคลื่อนประจุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายในตัวนำจึงเป็นศูนย์ด้วย แสดงว่าจุดใดๆ ในตัวนำมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน



แบบฝึกทักษะ 4

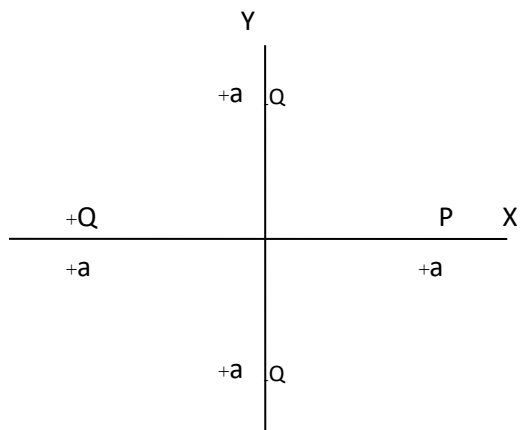
1. จุด A และ B อยู่ในสนามไฟฟ้าและมีศักย์ไฟฟ้า 20 และ 30 โวลต์ตามลำดับจงหา
 - ก. งานในการเคลื่อนประจุ 5×10^{-6} คูลอมป์ จากระยะอนันต์มาไว้ที่จุด A
 - ข. งานในการเคลื่อนประจุ -5×10^{-6} คูลอมป์ จากระยะอนันต์มาไว้ที่จุด B
 - ค. งานในการเคลื่อนประจุ -2×10^{-6} คูลอมป์ จากจุด A ไปยังจุด B

2. ที่จุดๆ หนึ่งห่างจากประจุไฟฟ้า Q เป็นระยะ d มีศักย์ไฟฟ้า 50 โวลต์และสนามไฟฟ้า 25 นิวตันต่อ คูลอมป์ จงหาค่า Q และ d

3. ตัวนำทรงกลมรัศมี 5 เซนติเมตร มีประจุ 5.0×10^{-6} คูลอมป์ จุด A อยู่ห่างจากผิวทรงกลม 15 เซนติเมตร จงหางานในการนำประจุ 2 หน่วยจากระยะอนันต์มายังจุดนั้น

4. ตัวนำทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร มีประจุ 10.0×10^{-6} คูลอมป์ จงหา
- ก. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และ B ซึ่งอยู่ห่างจากศูนย์กลาง ทรงกลม 20 และ 30 เซนติเมตรและศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม
 - ข. งานที่ต้องทำเพื่อต้านแรงไฟฟ้าในการนำประจุ $5 \mu\text{C}$ จากระยะอนันต์มายังจุด A และ B
 - ค. ความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ B
 - ง. งานที่ต้องทำในการเคลื่อนประจุ $10 \mu\text{C}$ จากจุด B มายังจุด A

5.



จากรูป ประจุ Q มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ ระยะทาง a มีหน่วยเป็นเมตร ให้ k คือค่าคงที่ของกฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด P มีค่าเท่าใด

6. จากข้อ 5. จงหางานในการนำประจุทั้งสามจากระยะทางอนันต์มาวางไว้ที่ตำแหน่งที่แสดงในภาพ

7. จุดประจุ $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมป์ และ -9×10^{-8} คูลอมป์ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จงหาตำแหน่งบนแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุทั้งสองที่มีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์และตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

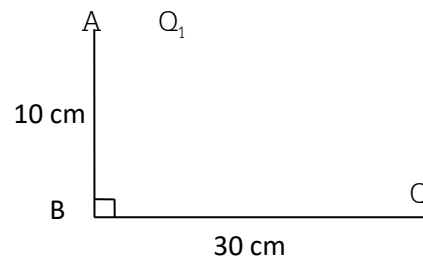
8. จากรูป ประจุ $Q_1 = +0.5$ คูลอมป์ ระยะ

$AB = 10$ cm ระยะ $BC = 30$ cm มุม

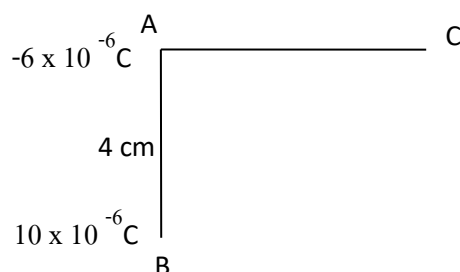
$ABC = 90^\circ$ ถ้างานที่ใช้ในการนำโปรตอน

1 ตัว จากอนันต์มายังจุด B มีค่า $+28.8 \times$

10^{-9} J จงหาว่าประจุ Q มีค่ากี่คูลอมป์



- 9.



จากรูป ประจุ -6×10^{-6} คูลอมป์ c และ

10×10^{-6} คูลอมป์ วางอยู่ห่างกัน 4 cm

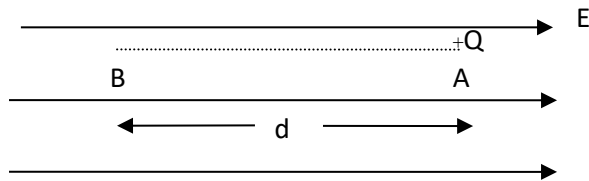
ที่ตำแหน่ง A และ B ดังรูป ให้จุด C เป็น

จุดที่ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ และ AC ตั้งฉาก

กับ AB จงหาว่า AC ยาวเท่าไร

ศักย์ไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

สนามไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างขั้วไฟฟ้าที่เป็นแผ่นโลหะขนานกันจะมีขนาดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ดังนั้นงานในการเคลื่อนประจุทดสอบจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอจึงหาได้จาก



จากจุด A และ B อยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ E และอยู่ห่างกัน d เมตร งานในการเคลื่อนประจุ +Q จาก A ไปยัง B หาได้จาก

$$W = FS$$

$$\text{แต่ } F = qE \text{ และ } S = d$$

$$W = qEd$$

$$\text{จากความต่างศักย์} \quad V_B - V_A = \frac{W}{q}$$

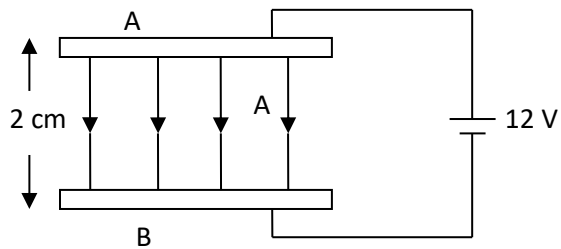
$$V_B - V_A = \frac{qEd}{q}$$

$$V_B - V_A = Ed$$

สมการนี้ใช้เฉพาะการหาความต่างศักย์ไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอเท่านั้น

แบบฝึกหัด 5

1.



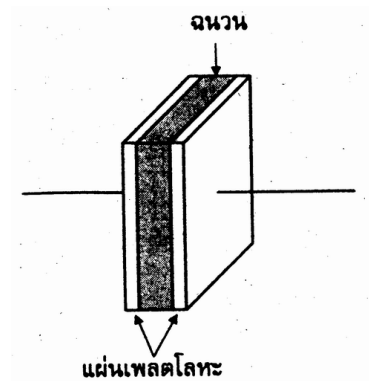
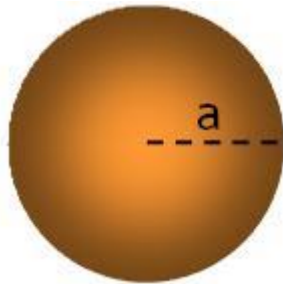
แผ่นโลหะ 2 แผ่น A และ B มีขนาดของพื้นที่เท่ากัน วางขนานกันโดยมีระยะห่างจากกัน 2 cm ถ้าต่อแผ่นโลหะ A เข้ากับขั้วบวก และแผ่นโลหะ B เข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ซึ่งมีความต่างศักย์ 12 V ดังรูป จงหาขนาดของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง

2. แผ่นตัวนำขนานห่างกัน 0.2 cm ทำให้เกิดสนามสม่ำเสมอตามแนวตั้งถ้าต้องการให้อิเล็กตรอนมวล 9.1×10^{-31} kg ที่มีประจุ -1.6×10^{-19} C ลอยนิ่งอยู่กับที่ได้ที่ตำแหน่งหนึ่งระหว่างแผ่นตัวนำขนานนี้ ความต่างศักย์ระหว่างตัวนำขนานต้องเป็นเท่าไร

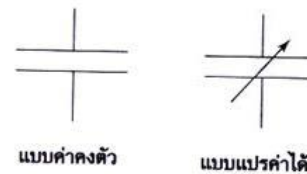


ตัวเก็บประจุ

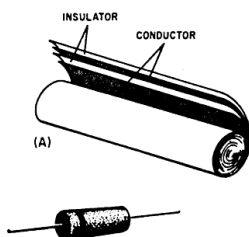
ตัวเก็บประจุหมายถึงอุปกรณ์ที่เป็นตัวนำทำหน้าที่เก็บรักษาประจุไฟฟ้า ตัวเก็บประจุอาจเป็นตัวนำทรงกลมหรือเป็นแผ่นโลหะขนานกันด้วยฉนวนไฟฟ้า



กรณีตัวเก็บประจุที่เป็นแผ่นโลหะขนาน จะถูกคั่นกลางระหว่างแผ่นโลหะด้วยฉนวนไฟฟ้าแล้วม้วนเก็บให้มีขนาดเล็กและเหมาะสมต่อการใช้งาน



สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ



ความจุไฟฟ้า

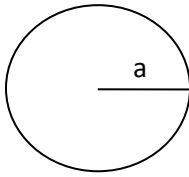
ความจุไฟฟ้าหมายถึงจำนวนประจุไฟฟ้าที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำเปลี่ยนแปลงไปหนึ่งหน่วยหรือหมายถึงอัตราส่วนระหว่างประจุไฟฟ้าต่อศักย์ไฟฟ้าหรืออาจกล่าวได้ว่าความจุไฟฟ้าคือความสามารถในการเก็บรักษาประจุไฟฟ้า

กำหนดให้ C คือค่าความจุไฟฟ้า Q คือขนาดของประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุ และ V คือศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุจะได้ว่า

หน่วยของความจุไฟฟ้าคือ คูลอมบ์ต่อโวลต์ หรือเรียกอีกอย่างว่าฟารัด (F) ซึ่งเป็นหน่วยใหญ่จึงมักใช้หน่วยเป็น ไมโครฟารัด (μF) หรือ พิโกฟารัด (pF)

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

ความจุไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมรัศมี a หาได้ดังนี้



ความจุไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม $C = \frac{a}{K}$

แต่ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม $V = \frac{KQ}{a}$ (a = รัศมีทรงกลม)

แทนค่า กลม $V = \frac{KQ}{a}$ ลงในสมการแรกจะได้

$$C = \frac{Qa}{KQ}$$

$$C = \frac{a}{K}$$

จากสมการจะเห็นว่าค่าความจุไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมจะขึ้นอยู่กับรัศมีของตัวนำหรือขนาดของตัวนำทรง
นั้นเอง



1. ตัวเก็บประจุขนาด 60 ไมโครฟารัด ถ้ามีประจุ 120 ไมโครคูลอมบ์ จะมีศักย์ไฟฟ้าเท่าไร
2. ทรงกลมรัศมี 4.5 cm จะมีความจุไฟฟ้าเท่าไร และถ้าจะทำให้ทรงกลมนี้อุบัติศักย์ไฟฟ้า 20 โวลต์จะต้องใส่ประจุไฟฟ้าให้แก่ทรงกลมเท่าไร
3. แผ่นโลหะขนานห่างกัน 10 เซนติเมตร ใช้ทำเป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุ 90 พิโกฟารัด ถ้าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะมีค่า 300 นิวตัน/คูลอมบ์ อยากทราบว่าตัวเก็บประจุนี้มีประจุกี่คูลอมบ์

พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

เราทราบมาแล้วว่า เมื่อมีประจุอยู่ในสนามไฟฟ้าจะเกิดพลังงานศักย์บนประจุนั้นซึ่งจะหาได้จาก

$$V = \frac{Ep}{q}$$

$$Ep = qV$$

Ep คือพลังงานศักย์ที่สะสมในประจุไฟฟ้า เมื่อตัวเก็บประจุเริ่มสะสมประจุไฟฟ้าจาก 0 คูลอมป์ จนเป็น Q คูลอมป์ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นในตัวเก็บประจุจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจาก 0 โวลต์ เป็น V โวลต์เช่นกัน ดังนั้น ถ้าให้ W แทนพลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุ

$$W = \left[\frac{0+V}{2} \right] Q$$

จาก $Q = CV$ และ $V = \frac{Q}{C}$

จะได้

$$W = \frac{1}{2} QV$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$



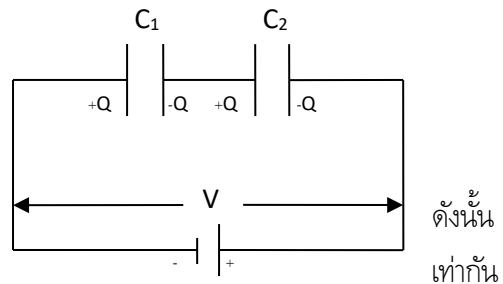
1. ตัวเก็บประจุความจุ 10 ฟารัด ปลายทั้งสองต่อกับความต่างศักย์ไฟฟ้า 4,000 โวลต์ จงหาประจุไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุเก็บไว้ และพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ
2. ตัวเก็บประจุขนาด 5 ไมโครฟารัด ถ้ามีประจุอยู่บนตัวเก็บประจุนี้ 3.5 ไมโครคูลอมบ์ จะมีพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุเท่าไร
3. ถ้ามีพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ 60 จูล และมีประจุบนตัวประจุ 12 ไมโครคูลอมบ์ ความต่างศักย์ระหว่างปลายสองข้างของตัวเก็บประจุนี้จะเป็นเท่าไร

การต่อตัวเก็บประจุ

ต่อไปได้ 2 แบบ คือ การต่อแบบอนุกรม และการต่อแบบขนาน

1. การต่อแบบอนุกรม

ประจุ Q ที่ให้กับตัวเก็บประจุตัวใดตัวหนึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดประจุชนิดตรงกันข้ามที่อีกขั้วหนึ่งของตัวเก็บประจุและจำเหนี่ยวนำให้เกิดประจุเช่นเดียวกันนี้กับตัวเก็บประจุอื่นๆที่ต่ออยู่แบบอนุกรม การต่อแบบอนุกรมประจุ (Q) ในตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะมีค่าและเท่ากับประจุรวม



$$Q_{\text{รวม}} = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

การต่ออนุกรมความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมจะเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแต่ละตัวรวมกัน

$$V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3$$

จาก $V = \frac{Q}{C}$

เพราะฉะนั้น $\frac{Q_{\text{รวม}}}{C_{\text{รวม}}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$

แต่ $Q_{\text{รวม}} = Q_1 = Q_2 = Q_3$ ดังนั้นถ้าเอา Q หารตลอดจะได้

$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

2. การต่อแบบขนาน

การต่อแบบขนานความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมจะเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแต่ละตัว

$$V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3$$

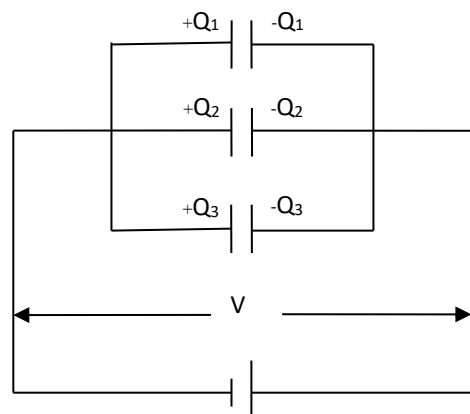
ประจุไฟฟ้ารวมจะเท่ากับประจุของตัวเก็บประจุแต่ละตัวรวมกัน

$$Q_{\text{รวม}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

จาก $Q = CV$

ดังนั้น $C_{\text{รวม}} V_{\text{รวม}} = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3$

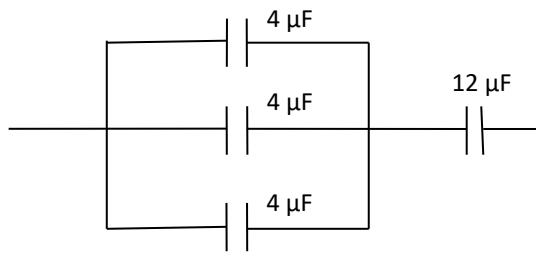
แต่ $V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3$ ดังนั้นเมื่อเอา V หารตลอด จะได้



$$C_{\text{รวม}} = C_1 + C_2 + C_3$$

แบบฝึกทักษะ 8

1.

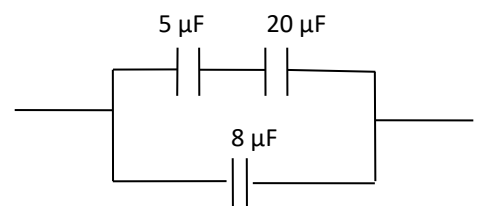


จากรูปจงหาความจุไฟฟ้ารวม

2.

จากรูปจงหา

- ก. ความจุไฟฟ้ารวม
- ข. ถ้าปลาย A และปลาย B มีความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 โวลต์ จงหาประจุบนตัวเก็บประจุแต่ละตัว
- ค. ความต่างศักย์ที่เกิดที่ตัวเก็บประจุ แต่ละตัว

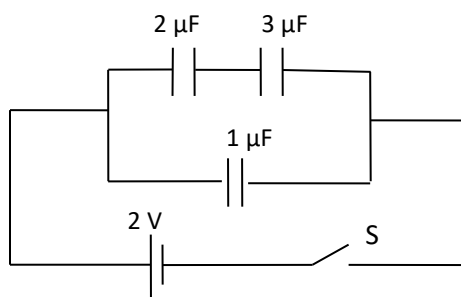


3. ถ้านำตัวเก็บประจุความจุ $5\ \mu\text{F}$ และ $20\ \mu\text{F}$ มาต่อเข้ากับความต่างศักย์ 3000 โวลต์ จะเกิดประจุและความต่างศักย์อันละเท่าไร ถ้าวัดตัวเก็บประจุทั้งสองต่อกันแบบ

ก. อนุกรม

ข. ขนาน

4.



จากรูป เมื่อปิดสวิตช์ S เป็นเวลานานจนวงจรเกิดความสมดุล พลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ แต่ละตัวมีขนาดเท่าไร

5. ตัวนำทรงกลม A มีรัศมี 10 เซนติเมตร มีประจุบนผิว 5 ไมโครคูลอมบ์ ทรงกลม B รัศมี 8 เซนติเมตร และมีประจุ 1.5 ไมโครคูลอมบ์ จงหา
- ก. ศักย์ไฟฟ้าของแต่ละอัน
- ข. เมื่อนำมาแตะกันแล้วแยกออกจากกัน จงหาศักย์ไฟฟ้าและประจุของแต่ละลูก

