

บทที่ 13 ไฟฟ้าสถิต Static Electricity

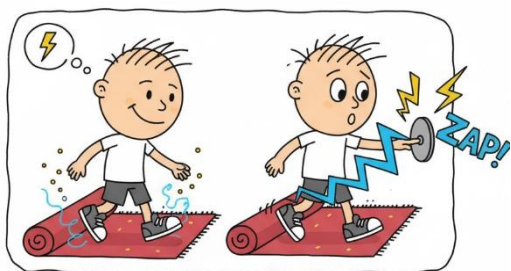
1. ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต

1.1 ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต

ไฟฟ้าสถิตเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการไม่สมดุลของประจุไฟฟ้าบนพื้นผิวของวัตถุ ซึ่งโดยปกติแล้วจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีการสัมผัสและเสียดสีกัน ทำให้เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง

ตัวอย่างการเกิดไฟฟ้าสถิต

ถูบอลลูกกับผม เมื่อถูบอลลูกกับผม การเสียดสีระหว่างผิวบอลลูกกับเส้นผมจะทำให้มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากเส้นผมไปยังบอลลูก ทำให้บอลลูกมีประจุไฟฟ้าลบมากกว่าเส้นผมที่ถูกถู เมื่อยกบอลลูกขึ้นใกล้ๆ กับวัตถุที่มีน้ำหนักเบา เช่น กระดาษหรือขนสัตว์ วัตถุเหล่านั้นจะถูกดึงดูดไปยังบอลลูก เนื่องจากประจุไฟฟ้าบนบอลลูกและบนวัตถุเหล่านั้นต่างกัน



เดินบนพรม เมื่อเดินบนพรม โดยเฉพาะในที่ที่อากาศแห้ง รองเท้าและพรมจะเกิดการเสียดสีกัน ทำให้อิเล็กตรอนจากพื้นรองเท้าเคลื่อนที่ไปยังพรมหรือในทางกลับกัน ทำให้ร่างกายของเรามีประจุไฟฟ้าสถิตสะสมอยู่ เมื่อสัมผัสกับวัตถุที่มีประจุตรงข้าม เช่น ลูกบิดประตูโลหะ จะรู้สึกช็อตเบาๆ เนื่องจากไฟฟ้าสถิตที่สะสมอยู่ในร่างกายถูกถ่ายโอนไปยังวัตถุนั้น

การใช้งานเครื่องถ่ายเอกสาร ในเครื่องถ่ายเอกสาร มีการใช้ไฟฟ้าสถิตเพื่อดึงดูดหมึกให้ติดกับกระดาษ แสงเลเซอร์ในเครื่องถ่ายเอกสารจะสร้างภาพของเอกสารที่ต้องการถ่ายขึ้นบนกลองที่มีประจุไฟฟ้าสถิต หมึกจะถูกดึงดูดไปยังส่วนที่มีประจุไฟฟ้าและย้ายไปติดบนกระดาษ ทำให้ได้สำเนาที่ต้องการ

1.2 อนุภาคมูลฐาน

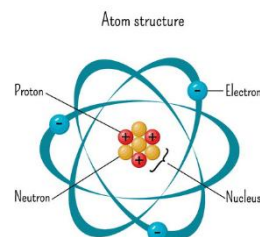
ในปัจจุบันพบว่าในอะตอมประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ มากกว่า 30 ชนิด และแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **อนุภาคที่ไม่เสถียร (unstable particles)** เป็นอนุภาคที่ไม่อยู่ตัว สลายตัวได้ง่าย อนุภาคเหล่านี้เกิดจากการยิงนิวเคลียสของอะตอมด้วยอนุภาคชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างอนุภาคที่ไม่เสถียรได้แก่ positron , antiproton , neutrino เป็นต้น
2. **อนุภาคที่เสถียร (stable particles)** เป็นอนุภาคที่อยู่ตัว ไม่สลายตัว มี 3 ชนิดคือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน เรียกอนุภาคทั้งสามว่า “อนุภาคมูลฐานของอะตอม”

อนุภาคมูลฐานทางไฟฟ้า ในอะตอมได้แก่ อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน

ตาราง ประจุและมวลของอนุภาคในอะตอม

อนุภาค	มวล (kg)	ประจุไฟฟ้า (C)	ชนิดประจุไฟฟ้า
อิเล็กตรอน e^-	9.1×10^{-31}	-1.6×10^{-19}	ลบ
โปรตอน (p)	1.672×10^{-27}	1.6×10^{-19}	บวก
นิวตรอน (n)	1.674×10^{-27}	0	กลาง



1.3 ประจุไฟฟ้า (electric charge)

ประจุไฟฟ้ามีอยู่ 2 ชนิด

- **ประจุไฟฟ้าบวก (Positive charge)** หรือเรียกสั้น ๆ ว่าประจุบวก (+) เป็นประจุที่เกิดจาก.....การที่อะตอมหรือวัตถุสูญเสียอิเล็กตรอน ทำให้วัตถุนั้นมีจำนวนโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอน.....
- **ประจุไฟฟ้าลบ (Negative charge)** หรือเรียกสั้น ๆ ว่าประจุลบ (-) เป็นประจุที่เกิดจาก.....การที่อะตอมหรือวัตถุได้รับอิเล็กตรอน.....

แรงกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้า แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- แรงดึงดูดกัน เป็นแรงกระทำระหว่างประจุต่างชนิดกัน เช่น
- แรงผลักรัน เป็นแรงกระทำระหว่างประจุชนิดเดียวกัน เช่น

1.4 กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า (Conservation of Charge)

“อะตอมใดที่เสียอิเล็กตรอนไปจะมีประจุลบลดลง ส่วนอะตอมใดที่ได้รับอิเล็กตรอน จะมีประจุลบเพิ่มขึ้น นั่นคือ สำหรับอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเมื่อเสียอิเล็กตรอนไปจะกลายเป็นอะตอมที่มีประจุบวก ส่วนอะตอมที่ได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นจะกลายเป็นอะตอมที่มีประจุลบ”

วัตถุใด ๆ จะมีประจุไฟฟ้าเป็นจำนวนเต็มเท่าของขนาดประจุของอิเล็กตรอนเสมอ ดังนั้น

$$q = Ne$$

เมื่อ q คือ ประจุไฟฟ้าของวัตถุ

N คือ จำนวนอิเล็กตรอน

e คือ ขนาดประจุของอิเล็กตรอน มีค่า



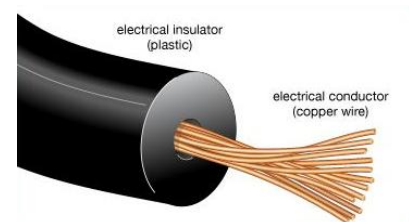
1.5 ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) และฉนวนไฟฟ้า (Insulator)

ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) คือ วัตถุที่ยอมให้ประจุไฟฟ้า (อิเล็กตรอนอิสระ) เคลื่อนที่ผ่านวัตถุนั้นได้อย่างสะดวกหรือต้านทานการเคลื่อนที่ของประจุได้น้อย เช่น โลหะชนิดต่างๆ โลหะที่นำไฟฟ้าได้ดีที่สุด คือ เงิน

ตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด (Superconductor) เป็นตัวนำที่สามารถนำไฟฟ้าได้ 100% เนื่องจากไม่สูญเสียความร้อนที่เกิดจากการต้านทานประจุไฟฟ้าปัจจุบันตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการทำรางรถไฟความเร็วสูง

ฉนวนไฟฟ้า (Insulator) คือ วัตถุที่ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้า (อิเล็กตรอนอิสระ) เคลื่อนที่ผ่านวัตถุนั้นได้อย่างสะดวกหรือต้านทานการเคลื่อนที่ของประจุได้มาก เช่น ยาง กระเบื้อง แก้ว

สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เป็นวัตถุที่มีสมบัติอยู่ระหว่างตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า กล่าวคือ บางสภาวะจะทำตัวเป็นฉนวนไฟฟ้าและบางสภาวะจะทำตัวเป็นตัวนำไฟฟ้า สมบัตินี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไดโอด และ ทรานซิสเตอร์



1.6 การทำให้วัตถุตัวนำเกิดประจุไฟฟ้า

โดยปกติวัตถุทั้งหลายจะมีจำนวนโปรตอนและจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากันจึงมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อวัตถุได้รับพลังงาน (ไฟฟ้า เคมี ความร้อน แสง กล และอื่น ๆ) จะให้อิเล็กตรอนหรือไอออนเกิดการเคลื่อนที่ ทำให้จำนวนประจุลบและประจุบวกไม่เท่ากัน เรียกว่า **วัตถุมีประจุ (charge body)**

1.6.1 การขัตุ

คือ การนำวัตถุต่างชนิดมาถูกัน งานของแรงเสียดทานระหว่างวัตถุทั้งสองจะทำให้ให้อิเล็กตรอนในวัตถุทั้งสองมีพลังงานสูงขึ้นทำให้อิเล็กตรอนจากวัตถุหนึ่งหลุดออกไปอยู่บนอีกวัตถุหนึ่ง วัตถุที่รับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้าไปจะมีประจุลบ ส่วนวัตถุที่เสียอิเล็กตรอนไปจะมีประจุบวก

ลำดับในการเกิดประจุเป็นดังนี้ (ลำดับในการเสียอิเล็กตรอน)

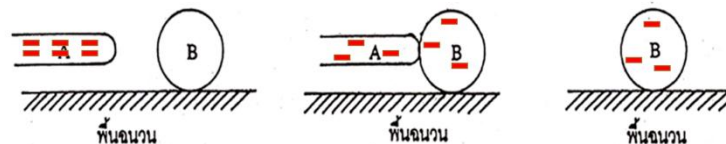
1. ขนสัตว์	6. ครั่ง	11. แก้วผิวขรุขระ	16. กำมะถัน
2. ผ้าสักหลาด	7. แก้วผิวเกลี้ยง	12. ผิวหนัง	17. อีโบนี
3. ไม้	8. ผ้าฝ้ายหรือสำลี	13. โลหะต่าง ๆ	18. ยาง
4. เซลลูลิก	9. กระดาษ	14. ยางอินเดีย	19. ผ้าแพร (ทำริบบิ้น)
5. ยางสน	10. ผ้าแพร	15. อัมพัน	20. เซลลูลอยด์

คำถาม : จงบอกชนิดของประจุเมื่อนำวัตถุ 2 ชนิดต่อไปนี้มาขัตุกัน

- A. ผ้าสักหลาดกับสำลี ผ้าสักหลาดมีประจุ.....สำลีมีประจุไฟฟ้า.....
- B. สำลีกับผิวหนัง สำลีมีประจุ.....ผิวหนังมีประจุไฟฟ้า.....
- C. แก้วผิวเกลี้ยงกับผิวหนัง แก้วผิวเกลี้ยงมีประจุ.....ผิวหนังมีประจุไฟฟ้า.....

1.6.2 การสัมผัส

คือ การนำวัตถุที่มีประจุอิสระอยู่แล้วมาสัมผัสกับวัตถุที่เดิมเป็นกลางจะทำให้วัตถุที่เป็นกลางนี้มีประจุไฟฟ้าอิสระ ดังขั้นตอนใน



ก. ก่อนแตะ

ข. ขณะแตะ

ค. หลังแตะ

คำถาม : โฟมทรงกลมห่อผิวด้วยโลหะ ไปแขวนกับด้ายแขวนในแนวดิ่งโดยผิวของทรงกลมสัมผัสกับแท่ง วัตถุ A ที่วางอยู่บนฐานพลาสติก จากนั้นนำแท่งวัตถุที่มีประจุไฟฟ้ามาแตะปลายอีกด้านของวัตถุ A ดังรูป โฟมทรงกลมจะวางตัวอย่างไร ถ้า

ก. วัตถุ A เป็นตัวนำ

.....

.....

.....

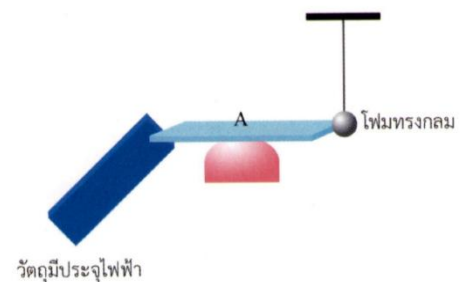
ข. วัตถุ A เป็นฉนวน

.....

.....

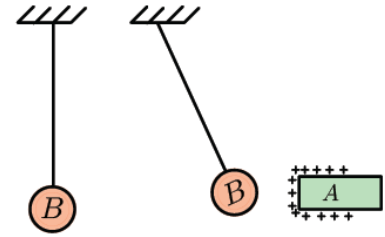
.....

.....

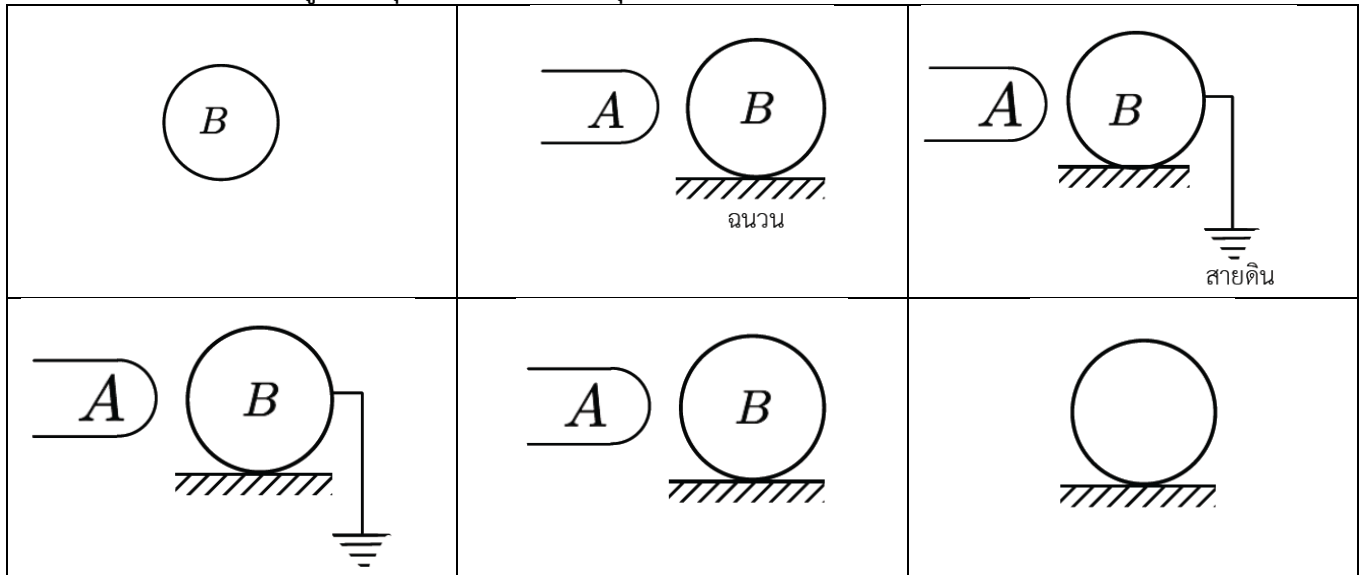


1.6.3 การเหนี่ยวนำ

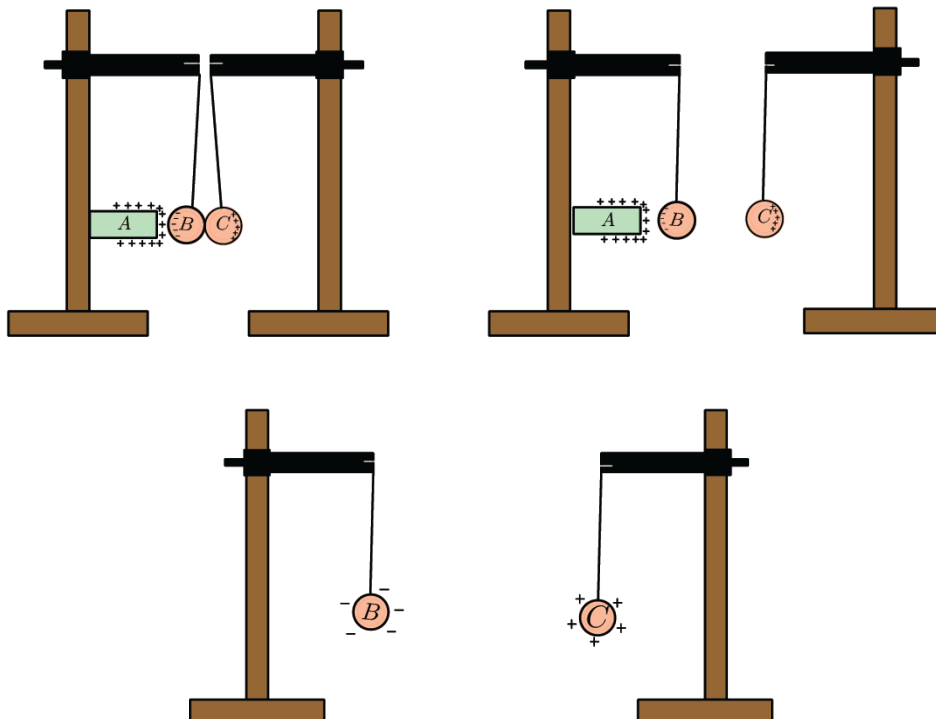
จากสมบัติของตัวนำ ประจุหรืออิเล็กตรอนมีอิสระในการเคลื่อนที่บนตัวนำ ถ้านำวัตถุที่มีประจุมาวางใกล้ตัวที่เป็นกลางพบว่าจะมีแรงดึงดูดระหว่างวัตถุและตัวนำนั้น เพราะประจุบนตัวกลางวัตถุจะส่งแรงกระทำกับอิเล็กตรอนบนผิวตัวนำ



การนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปใกล้วัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าจะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำด้านที่อยู่ใกล้วัตถุ วิธีการทำให้เกิดประจุในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้า



การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

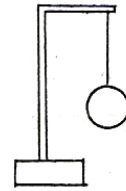


การสร้างประจุไฟฟ้าโดยอาศัยวิธีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า

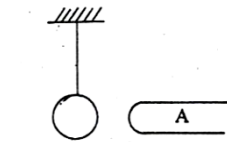
1.7 อิเล็กโทรสโคป (Electroscope)

อิเล็กโทรสโคป เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจประจุไฟฟ้าสถิตมี 2 ชนิดคือ

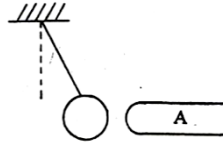
1.7.1 อิเล็กโทรสโคปลูกพิท (pith ball electroscope) เป็นอิเล็กโทรสโคปแบบง่ายที่สุด ประกอบด้วยลูกกลมเล็ก ๆ ทำด้วยไส้ไม้ไผ่หรือไส้หญ้าปล้อง หรือโฟมฉาบด้วยโลหะ ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ตัวลูกกลมแขวนด้วยด้ายหรือไหมเส้นเล็ก ๆ ไว้ในแนวตั้งจากปลายเสา



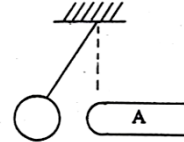
อิเล็กโทรสโคปลูกพิท



ลูกพิทไม่เบนแสดงว่า
วัตถุ A ไม่มีประจุ



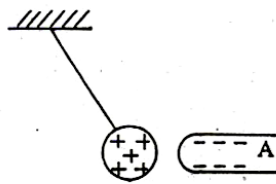
ลูกพิทเบนเข้าหาวัตถุ A
แสดงว่าวัตถุ A มีประจุ



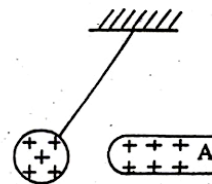
ถ้าลูกพิทเบนออกจากวัตถุ A
แสดงว่าลูกพิทยังไม่เป็นกลาง



สมมติให้ประจุบวกแก่ลูกพิท



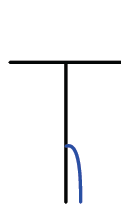
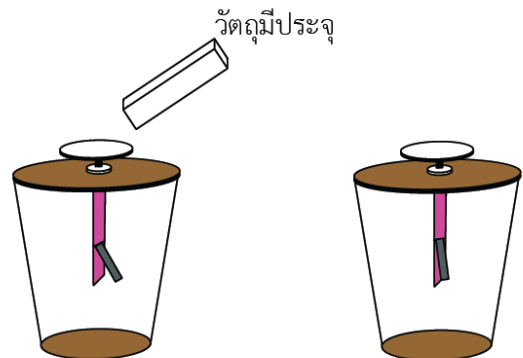
ลูกพิทเบนเข้าหา แสดงว่าวัตถุ
A มีประจุชนิดตรงข้ามกับลูกพิท



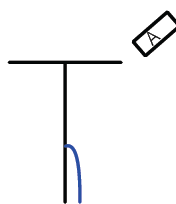
ลูกพิทเบนออก แสดงว่าวัตถุ A
มีประจุชนิดเดียวกับลูกพิท

1.7.2 อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะ (leaf electroscope)

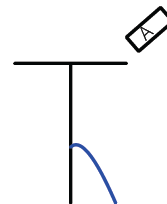
อิเล็กโทรสโคปชนิดนี้ประกอบด้วยแท่งโลหะด้านบนเชื่อมต่อกับจานโลหะชนิดเดียวกัน ซึ่งมักใช้อะลูมิเนียม ปลายล่างแท่งโลหะมีแผ่นโลหะ (อะลูมิเนียม) บางต่าง ๆ ติดไว้ โดยแท่งโลหะถูกเสียบและยึดไว้ โดยกระบอกพลาสติกหรือขวดแก้ว



แผ่นโลหะหุบ
แสดงว่าเป็นกลางทางไฟฟ้า

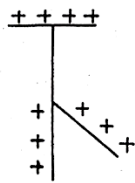


แผ่นโลหะไม่กาง
แสดงว่าวัตถุ A ไม่มีประจุ

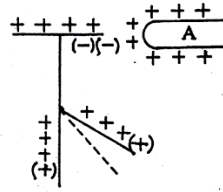
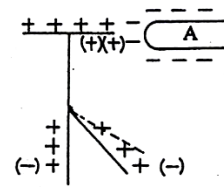


แผ่นโลหะกางออก
แสดงว่าวัตถุ A มีประจุ

การตรวจสอบว่าวัตถุมีประจุหรือไม่



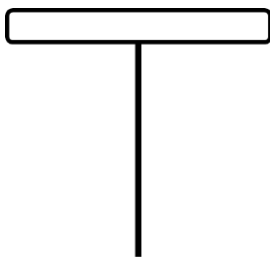
สมมติให้ประจุบวกแก่จานโลหะ

ถ้าวัตถุ A มีประจุบวก (ชนิดเดียวกัน)
แผ่นโลหะจะกางออกมากขึ้นถ้าวัตถุ A มีประจุลบ (ชนิดตรงข้ามกัน)
แผ่นโลหะจะหุบเข้า

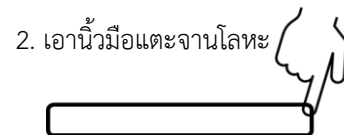
การตรวจสอบว่าวัตถุ A มีประจุชนิดใด

การทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ

1. นำผ้าถูกับท่อพีวีซี และนำเข้าไปใกล้อิเล็กโทรสโคป

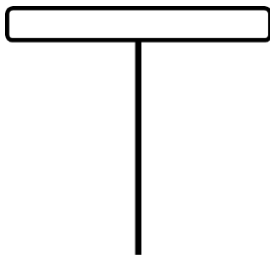


3. เอนิ้วมือออกจากจานโลหะ

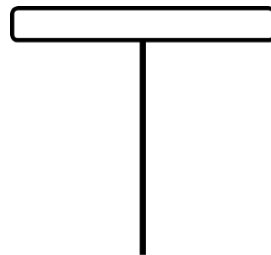


2. เอนิ้วมือแตะจานโลหะ

4. เอาท่อพีวีซีออกจากอิเล็กโทรสโคป



3. เอนิ้วมือออกจากจานโลหะ



4. เอาท่อพีวีซีออกจากอิเล็กโทรสโคป

1.8 การกระจายของประจุ

ถ้าวัตถุหนึ่งมีประจุไฟฟ้าการกระจายของประจุบนวัตถุนั้นจะมีลักษณะอย่างไรขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุนั้น เช่น

1) วัตถุที่เป็นฉนวน

เมื่อทำให้เกิดประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น ณ ส่วนใดของวัตถุที่เป็นฉนวนประจุก็จะปรากฏอยู่เฉพาะส่วนนั้น จะไม่กระจายไปสู่ส่วนอื่น ทั้งนี้เพราะสมบัติของฉนวน ประจุจะถ่ายเทได้ไม่สะดวก

2) วัตถุที่เป็นตัวนำ

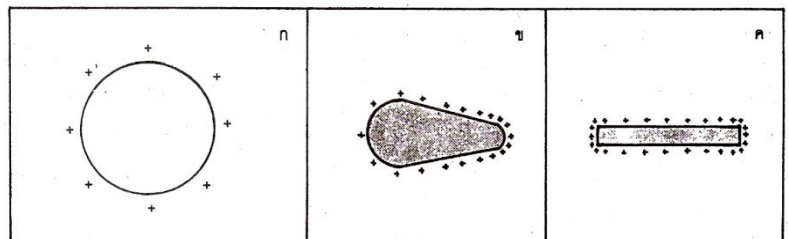
เมื่อทำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้น ณ ส่วนใดของวัตถุที่เป็นตัวนำประจุจะกระจายไปทั่วทั้งก้อนของวัตถุนั้นและจะหยุดกระจาย ก็ต่อเมื่อศักย์ไฟฟ้าบนตัวนำนั้นมีค่าเท่ากันตลอดทั้งก้อนนั้น ทั้งนี้เพราะสมบัติของตัวนำประจุสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้สะดวกบนตัวนำการกระจายของประจุบนตัวนำมีลักษณะพิเศษที่น่าสนใจดังนี้คือ

1.) ประจุจะกระจายอยู่เฉพาะผิวนอกของตัวนำเท่านั้น

เท่านั้น

2.) ประจุ ปรากฏหนาแน่นในบริเวณที่เป็นปลายแหลมหรือเป็นคม

แหลมหรือเป็นคม



รูป แสดงการกระจายของประจุ

ข้อควรจำ วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าสถิตเมื่อเอาทิ้งไว้นาน ๆ อำนาจทางไฟฟ้าจะค่อย ๆ หมดไปเองจนกลายเป็นกลางในที่สุด เพราะวัตถุที่มีประจุนั้นสัมผัสอยู่กับอากาศตลอดเวลาจึงค่อย ๆ เสียประจุให้กับอากาศไป โดยเฉพาะถ้าอากาศที่มีความชื้นมากการเสียประจุให้กับอากาศจะง่ายขึ้น

แบบฝึกหัดที่ 1

1. ถ้าจับแท่งโลหะกับผ้าขนสัตว์ ผลที่เกิดขึ้นคือข้อใด (ถือว่าคนเป็นตัวนำและยืนเท้าเปล่าบนพื้น)

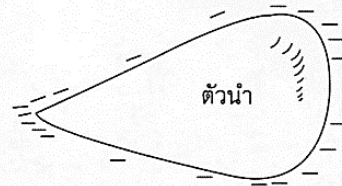
1. จะเกิดประจุอิสระบนแท่งโลหะและผ้าขนสัตว์
2. จะเกิดประจุอิสระบนแท่งโลหะแต่จะไม่เกิดประจุอิสระบนผ้าขนสัตว์
3. จะไม่มีประจุอิสระบนแท่งโลหะแต่จะเกิดประจุอิสระบนผ้าขนสัตว์
4. จะไม่เกิดประจุอิสระทั้งบนแท่งโลหะและบนผ้าขนสัตว์

2. วัตถุใด ๆ มีประจุลบกระจายอยู่ที่ผิว ข้อใดแสดงการกระจายของประจุลบผิด

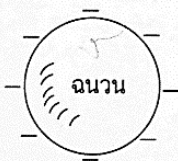
1.



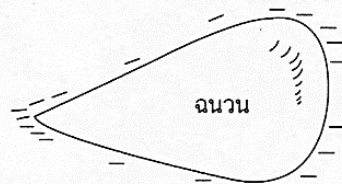
2.



3.



4.

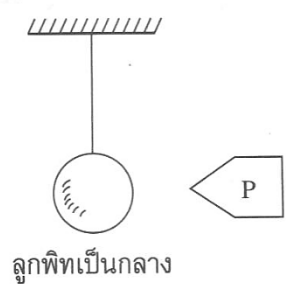


3. ผ้าไหมถูกับวัตถุชนิดหนึ่งทำให้ผ้าไหมเสียอิเล็กตรอนไป 10^6 ตัว อยากทราบว่าผ้าไหมจะมีประจุไฟฟ้าเท่าไร

1. $+1.6 \times 10^{-13} \text{ C}$
2. $-1.6 \times 10^{-13} \text{ C}$
3. $+10^{-6} \text{ C}$
4. -10^{-6} C

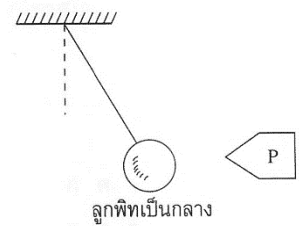
4. จากรูป ลูกพิทเป็นกลางทางไฟฟ้า และ P เป็นวัตถุใด ๆ ที่นำมาวางใกล้ลูกพิท ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

1. P มีประจุบวก
2. P มีประจุลบ
3. P เป็นกลางทางไฟฟ้า
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น



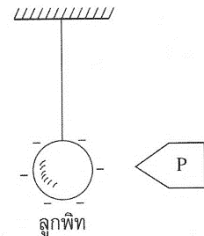
5. จากรูป ลูกพิทเป็นกลางทางไฟฟ้า และ P เป็นวัตถุใด ๆ ที่นำมาวางใกล้ลูกพิท ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

1. P มีประจุลบ
2. P มีประจุบวก
3. P ไม่มีประจุ
4. P มีประจุ

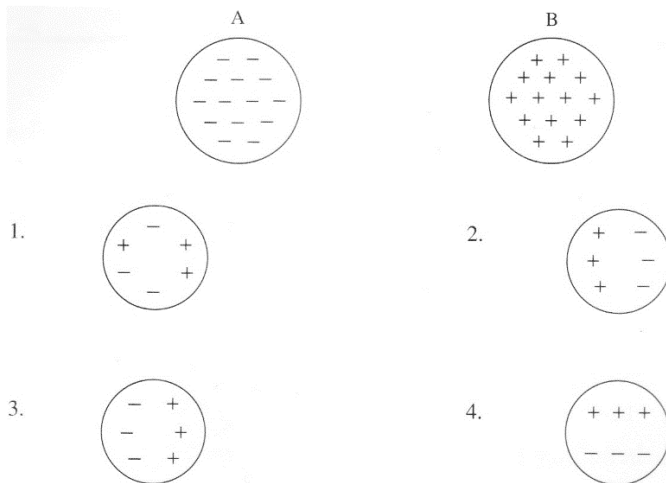


6. จากรูป ลูกพิทมีประจุไฟฟ้าลบ และ P เป็นวัตถุใด ๆ ที่นำมาวางใกล้ลูกพิท ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

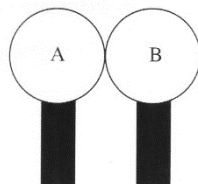
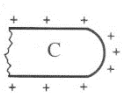
1. P มีประจุลบ
2. P มีประจุบวก
3. P เป็นกลางทางไฟฟ้า
4. เหตุการณ์นี้จะไม่เกิดขึ้น



7. ถ้านำโลหะทรงกลมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าไปวางไว้ตรงกลางระหว่างทรงกลม A และ B ดังรูป ข้อใดต่อไปนี้จะแสดงการกระจายของประจุไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลมที่อยู่ตรงกลางได้ถูกต้อง



8. วางลูกทรงกลม A และ B บนฉนวนและต่อมานำวัตถุ C ซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกเข้ามา ใกล้แล้วแยก A และ B ออกจากกัน ในขณะเดียวกันก็นำวัตถุ C ออกไปด้วย ผลจะเป็นอย่างไร

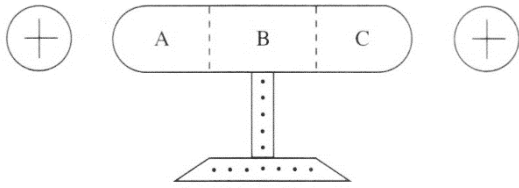


1. A มีประจุบวก และ B มีประจุลบ
2. A มีประจุลบ และ B มีประจุบวก
3. A มีประจุบวก และ B มีประจุบวก
4. A มีประจุลบ และ B มีประจุลบ

9. เมื่อตัวนำมีประจุไฟฟ้าบวกแตะกับตัวนำที่เป็นกลางทางไฟฟ้า สิ่งที่เกิดบนตัวนำที่เป็นกลางคือข้อใด

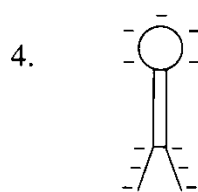
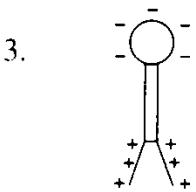
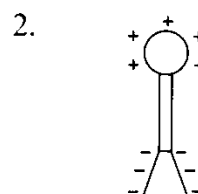
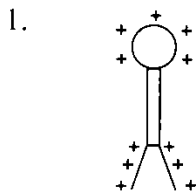
1. โปรตอนเพิ่มขึ้น
2. โปรตอนหายไป
3. อิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น
4. อิเล็กตรอนหายไป

10. โลหะทรงกระบอกยาวปลายมนเป็นกลางทางไฟฟ้าตั้งอยู่บนฐานที่เป็นฉนวน ถ้านำประจุบวกขนาดเท่ากันมาใกล้ปลายทั้งสองข้างพร้อมกัน โดยระยะห่างจากปลายเท่าๆ กันตามลำดับ การกระจายของ ประจุบนส่วน A ส่วน B และส่วน 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

11. เมื่อนำแท่งตัวนำที่มีประจุบวกไปวางไว้ใกล้ๆ กับจานอิเล็กโทรสโคปที่ไม่มีประจุไฟฟ้า รูปใดในข้อต่อไปนี้ที่แสดงการกระจายของประจุไฟฟ้าของอิเล็กโทรสโคปได้ถูกต้อง

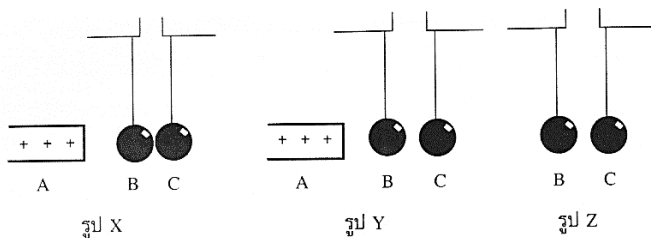


12. ถ้าต้องการให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุบวก ควรมีขั้นตอนในการกระทำเป็นอย่างไร

- | | |
|--|---|
| ก. นำวัตถุที่มีประจุบวกเข้าใกล้จานโลหะของอิเล็กโทรสโคป | ข. นำวัตถุที่มีประจุลบเข้าใกล้จานโลหะของอิเล็กโทรสโคป |
| ค. ต่อสายดินกับจานโลหะของอิเล็กโทรสโคป | ง. ถึงวัตถุที่มีประจุออก |
| จ. ดึงสายดินออก | |

- | | |
|----------|------------|
| 1. ก ค ง | 2. ก ก จ ง |
| 3. ข ค ง | 4. ข ค จ ง |

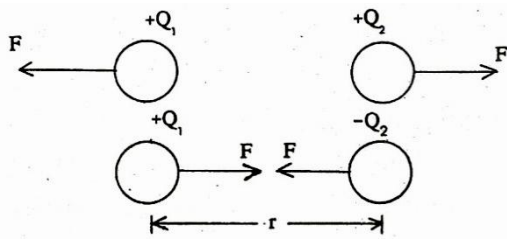
13. วัตถุ A มีประจุไฟฟ้าบวกอิสระ ตัวนำ B และ C ห้อยจากฉนวนไฟฟ้าตามรูป X นำวัตถุ A เข้าไปใกล้ตัวนำ B และ C ซึ่งสัมผัสกันอยู่ รูป Y แสดงการแยกวัตถุ B และ C ออกจากกัน รูป Z ยกวัตถุ A ออกไปให้เหลือแต่ B และ C ตัวนำ B และ C จะมีประจุชนิดใด



1. B มีประจุบวก และ C มีประจุบวก
2. B มีประจุลบ และ C มีประจุลบ
3. B มีประจุบวก และ C มีประจุลบ
4. B มีประจุลบ และ C มีประจุบวก

2. แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

Charles Augustin de Coulomb นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุแล้วตั้งทฤษฎีขึ้นมาโดยอาศัยหลักที่ว่าประจุเหมือนกันจะผลักกัน และประจุต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน ดังรูป



แสดงแรงผลักและแรงดึงดูดระหว่างประจุ

เมื่อ Q_1 และ Q_2 เป็นประจุไฟฟ้า 2 ประจุ
 r เป็นระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง
 F เป็นแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสอง

คูลอมบ์ สรุปได้ว่า แรงระหว่างประจุจะเป็นสัดส่วนกับผลคูณของประจุ และแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างประจุยกกำลังสอง ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\vec{F} = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$$

เมื่อ F คือ แรงระหว่างประจุทั้งสอง (นิวตัน : N)
 K คือ ค่าคงที่ทางไฟฟ้า $K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
 Q_1, Q_2 คือ ขนาดของประจุไฟฟ้า (คูลอมบ์ : C)
 r คือ ระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง (เมตร : m)

จากสมการที่ได้นี้เรียกว่า **กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law)** ใช้คำนวณแรงระหว่างประจุบนอนุภาค ซึ่งเรียกว่า **จุดประจุ** เมื่อหน่วยของประจุเป็นคูลอมบ์ (C) แรงมีหน่วยเป็น นิวตัน ระยะทางเป็นเมตร เมื่อประจุทั้งสองอยู่ในสุญญากาศหรืออากาศแล้ว ค่า K หาได้จากการทดลองมีค่า $9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ โดยค่า k หาได้จาก

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

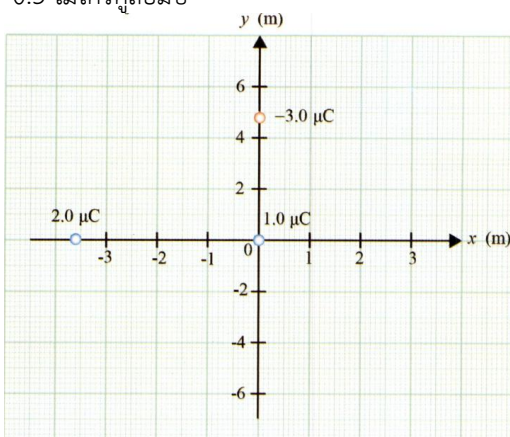
เมื่อ ϵ_0 คือสัมประสิทธิ์ความซึมได้ในสุญญากาศ $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$

***หมายเหตุ ลักษณะของแรงกระทำระหว่างประจุ มีดังนี้

1. ประจุเหมือนกันจะออกแรงผลักกัน ส่วนประจุต่างกัน จะออกแรงดึงดูดกัน
2. แรงกระทำระหว่างประจุเป็นแรงกระทำร่วมจึงมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศตรงข้ามกัน
3. ถ้าบนประจุใดมีแรงกระทำหลายแรง ในการคำนวณต้องหาแรงลัพธ์แบบการหาเวกเตอร์ลัพธ์ทุกประการ

ตัวอย่าง

1. จุดประจุ 1.0 2.0 และ -3.0 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ที่ตำแหน่ง (0,0) , (-3.6,0) , (0,4.8) ตามลำดับ จงหาแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ 0.3 ไมโครคูลอมบ์



2. ลูกพิทสองลูก แต่ละลูกมีประจุ 1.0 ไมโครคูลอมบ์ เมื่อศูนย์กลางของลูกพิทอยู่ห่างกัน 1.0 เมตร ขนาดของแรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเท่าใด

3. เมื่อวางลูกพิทที่มีประจุห่างกัน 10.0 เซนติเมตร ปรากฏว่ามีแรงกระทำต่อกัน 10^{-6} นิวตันถ้าวางลูกพิททั้งสองห่างกัน 2.0 เซนติเมตร จะมีแรงกระทำระหว่างกันเท่าใด

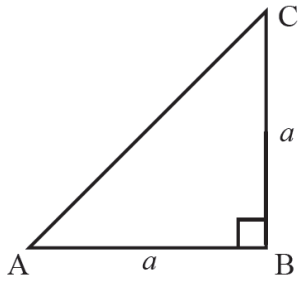
4. จุดประจุขนาด 2 ไมโครคูลอมบ์ 3 จุดประจุ วางเรียงกันเป็นแนวเส้นตรงห่างกันช่วงละ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุตรงจุดกึ่งกลาง เมื่อ

ก. จุดประจุทั้งสามเป็นประจุบวก

ข. จุดประจุที่ปลายทั้งสองข้างเป็นประจุบวกและที่ตรงจุดกึ่งกลางเป็นประจุลบ

ค. จุดประจุที่ปลายข้างหนึ่งเป็นประจุลบและตรงจุดกึ่งกลางกับปลายอีกข้างหนึ่งเป็นประจุบวก

5. ABC เป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก มีด้านประกอบมุมฉากยาวด้านละ a ถ้าที่จุด A, B และ C มีประจุไฟฟ้า $+q$, $+q/2$ และ $-q$ ตามลำดับ ขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุที่ B มีค่าเท่าใด

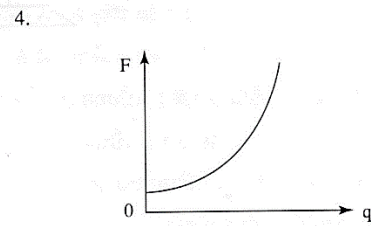
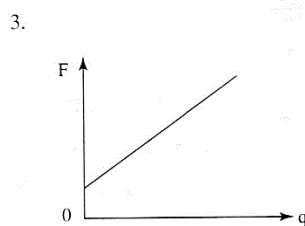
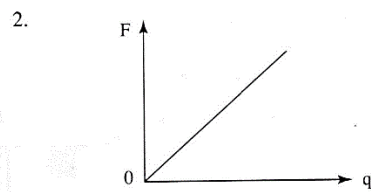
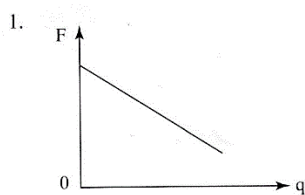


แบบฝึกหัดที่ 2

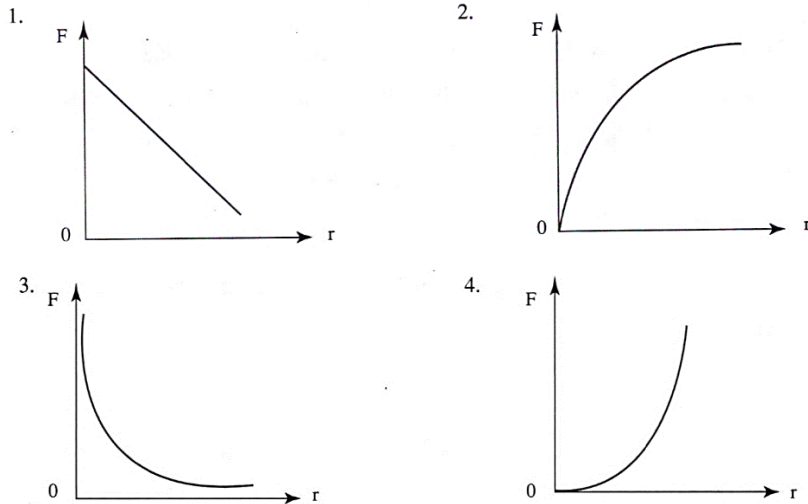
1. จุดประจุ $+q$ และ $-q$ วางห่างกันเป็นระยะ 2 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าเป็นค่าคงที่ แรงที่เกิดขึ้นต่อประจุทั้งสองมีค่าเท่ากันแต่มีทิศตรงข้าม แรงที่เกิดขึ้นนี้จะแปรผันตามอะไร

1. แปรผันตามผลคูณของประจุทั้งสองต่อระยะห่างกำลังสอง
2. แปรผันตามผลคูณของประจุทั้งสอง
3. แปรผกผันกับระยะห่างกำลังสอง
4. ถูกทุกข้อ

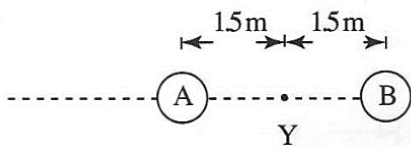
2. จากกราฟในข้อต่อไปนีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงระหว่างประจุไฟฟ้า (F) กับปริมาณประจุ (q) การตัวใดตัวหนึ่งได้ถูกต้อง



3. กราฟในข้อใดต่อไปนี้ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงระหว่างประจุไฟฟ้า (F) กับระยะทางระหว่างประจุ (r) ได้ถูกต้อง



4. จากรูป ทรงกลมขนาดเล็ก A และ B วางห่างกัน 3 เมตร โดยทรงกลมแต่ละอันมีประจุ $+2.0 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ A จะออกแรงกระทำต่อ B เท่าไร

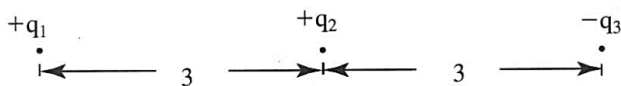


1. 1×10^{-3} N
2. 2×10^{-3} N
3. 3×10^{-3} N
4. 4×10^{-3} N

5. จากปัญหาข้อ 4 ถ้าวางประจุ $+2.0 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ ไว้ที่จุด Y ประจุตัวนี้จะมีแรงลัพธ์กระทำเท่าไร

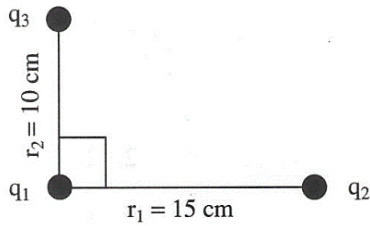
1. 0 N
2. 2×10^{-3} N
3. 4×10^{-3} N
4. 8×10^{-3} N

6. จากรูป ประจุ q_1 , q_2 และ q_3 มีค่าประจุ 2×10^{-6} คูลอมบ์เท่ากันหมด วางห่างกันเป็นระยะ 3 เมตรจงหาแรงลัพธ์บนประจุ q_2

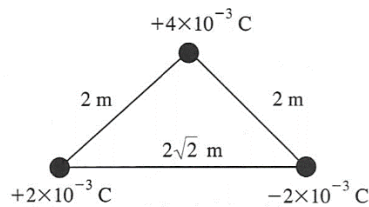


1. 0 N
2. 2×10^{-3} N
3. 4×10^{-3} N
4. 8×10^{-3} N

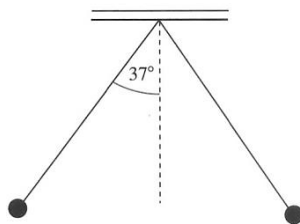
7. จากรูป ประจุ q_1 , q_2 และ q_3 มีค่า -1×10^{-6} , $+2 \times 10^{-6}$ และ -3×10^{-6} คูลอมบ์ ตามลำดับ โดยที่ q_3 ห่างจาก q_1 10 เซนติเมตร และ q_2 ห่างจาก q_1 15 เซนติเมตร จงคำนวณแรงกระทำบนประจุ q_1



1. 2.3 N
 2. 2.5 N
 3. 2.7 N
 4. 2.8 N
8. จุดประจุวางในตำแหน่งดังรูป จงหาว่าแรงที่กระทำต่อประจุ $+4 \times 10^{-3}$ คูลอมบ์ มีค่าเป็นกี่นิวตัน



1. $36\sqrt{2} \times 10^3$ N
 2. 36×10^6 N
 3. $18\sqrt{2}$ N
 4. $18\sqrt{2} \times 10^3$ N
9. ลูกพิท 2 ลูก มีมวลเท่ากัน และแต่ละลูกมีประจุไฟฟ้าเท่ากันทั้งคู่แขวนจากจุดเดียวกันด้วยเอ็นที่เป็นฉนวนยาว 10 เซนติเมตร ลูกพิททั้งสองกางออกทำมุม 37 องศา กับแนวตั้ง แรงระหว่างประจุไฟฟ้าที่กระทำต่อลูกพิทแต่ละลูกเป็นกี่เท่าของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อลูกพิทนั้น



1. $\frac{3}{5}$
 2. $\frac{4}{5}$
 3. $\frac{3}{4}$
 4. $\frac{4}{3}$
10. ลูกพิทเล็ก ๆ สองลูก A และ B มีมวลเท่ากัน ลูกพิท A มีประจุ $+0.5$ ไมโครคูลอมบ์ ถูกแขวนด้วยเส้นด้ายไนลอน ลูกพิท B มีประจุเป็นครึ่งหนึ่งของลูกพิท A สามารถลอยนิ่งอยู่ในอากาศได้ลูกพิท A โดยมีระยะห่าง 15 เซนติเมตร จงหาขนาดของมวลของลูกพิทและแรงดึงในเส้นด้าย

1. 0.75 g และ 7.5×10^{-3} N
2. 0.75 g และ 1.5×10^{-2} N
3. 5 g และ 5×10^{-2} N
4. 5 g และ 0.1 N

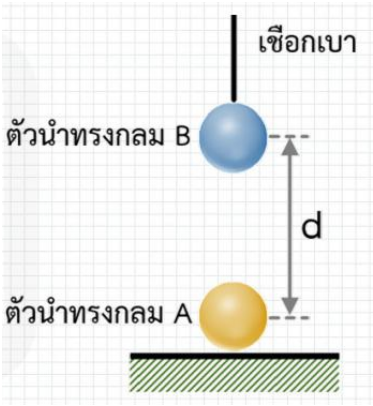
ข้อสอบ เข้ามหาวิทยาลัย

1. กำหนดให้ ตัวนำทรงกลม A และ B มีมวล M เท่ากัน แต่ขนาดประจุไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม A เท่ากับ Q ส่วนตัวนำทรงกลม B มีขนาดประจุไฟฟ้าเป็น n เท่าของตัวนำทรงกลม A วางตัวนำทรงกลม A ไว้บนพื้นที่เป็นฉนวน แล้วนำตัวนำทรงกลม B ที่ผูกด้วยเชือกเบาเข้าใกล้ตัวนำทรงกลม A ในแนวตั้ง โดยให้ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลมทั้งสองเท่ากับ d ดังภาพ

กำหนดให้ k เป็นค่าคงตัวคูลอมบ์
 g เป็นขนาดของความเร่งโน้มถ่วง

ถ้าต้องการให้ตัวนำทรงกลม A เริ่มจะลอยขึ้นจากพื้นได้ ชนิดประจุไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลมทั้งสองจะต้องเป็นอย่างไร และระยะห่าง d จะต้องมีค่ามากที่สุดเท่าใด (วิชาสามัญ 65)

	ชนิดประจุไฟฟ้า	ระยะ d
1.	ชนิดเดียวกัน	$\sqrt{\frac{nkQ}{mg}}$
2.	ชนิดเดียวกัน	$Q\sqrt{\frac{k}{mg}}$
3.	ชนิดต่างกัน	$\sqrt{\frac{nkQ}{mg}}$
4.	ชนิดต่างกัน	$Q\sqrt{\frac{k}{mg}}$
5.	ชนิดต่างกัน	$Q\sqrt{\frac{nk}{mg}}$



2. ระบบประจุบนแกน x ถูกตรึงไว้กับที่ ถ้ามีประจุไฟฟ้า +1 ไมโครคูลอมบ์ ที่ตำแหน่ง (0 cm, 0 cm) และวางจุดประจุไฟฟ้า -4 ไมโครคูลอมบ์ ที่ตำแหน่ง (5.0 cm, 0 cm) ถ้านำอิเล็กตรอนไปวางที่ตำแหน่งหนึ่งบนแกน x พบว่าอิเล็กตรอนไม่เคลื่อนที่ จงหาตำแหน่งที่วางอิเล็กตรอน (แนว A-Level 67)

1. ตำแหน่ง (-7.5, 0)
2. ตำแหน่ง (-5.0, 0)
3. ตำแหน่ง (-2.5, 0)
4. ตำแหน่ง (-2.0, 0)
5. ตำแหน่ง (-1.0, 0)

3. สนามไฟฟ้า (Electric field) “E”

3.1 สนามไฟฟ้า หมายถึง บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้าซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจทางไฟฟ้าไปถึง เมื่อนำประจุไฟฟ้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้านั้น

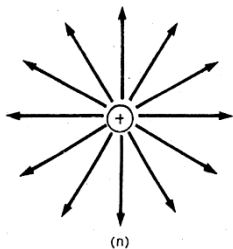
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q} \quad \text{หรือ} \quad \vec{F} = q\vec{E}$$

เมื่อ $\vec{E}$ คือ สนามไฟฟ้าหรือความเข้มสนามไฟฟ้า : นิวตัน/คูลอมบ์ (N/C)
 $\vec{F}$ คือ แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า : นิวตัน (F)
 q คือ ประจุไฟฟ้า : คูลอมบ์ (C)

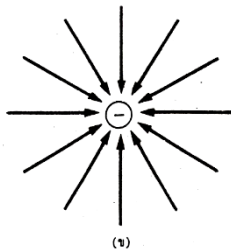
การกำหนดขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้า

ทิศทางของสนามไฟฟ้า ($\vec{E}$) มีทิศทางเดียวกับทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุบวก

3.2 สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ



สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุอิสระ



สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุบวก จะมีทิศทางพุ่งออกจากจุดประจุบวกทุกทิศทาง
 สนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุลบ จะมีทิศทางพุ่งเข้าหาจุดประจุลบทุกทิศทาง

การหาขนาดของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

กำหนดให้มีจุดประจุ $+Q$ อยู่ที่ตำแหน่งหนึ่ง ถ้าวางประจุทดสอบ $+q$ ไว้ห่างจาก $+Q$ เป็นระยะ r แล้วจะเกิดแรงซึ่งมีขนาด F กระทำต่อประจุ $+q$ ดังรูป

ขนาดสนามไฟฟ้า

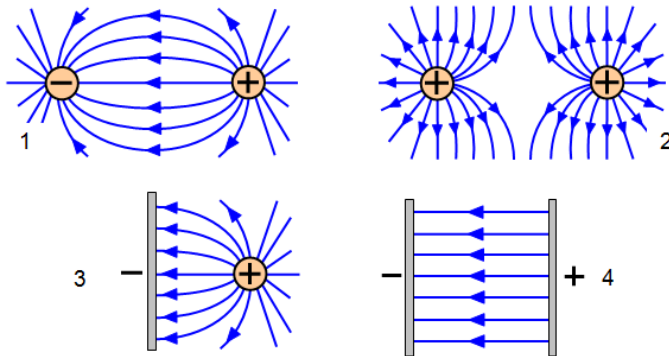
$$E = \frac{KQ}{r^2}$$

เมื่อ E คือ สนามไฟฟ้า (นิวตัน/คูลอมบ์)
 K คือ ค่าคงที่ทางไฟฟ้า $K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
 Q คือ ขนาดของประจุไฟฟ้า (คูลอมบ์)
 r คือ ระยะห่างจากประจุ (เมตร)

จากสมการ $E = \frac{KQ}{r^2}$ นี้ เป็นสมการที่ใช้หาขนาดของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ เนื่องจากประจุเพียงจุดเดียว ส่วนทิศทางของสนามไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับชนิดของประจุ Q (บวกพุ่งออก ลบพุ่งเข้า)

3.3 เส้นแรงไฟฟ้า (electric line of force)

เส้นแรงไฟฟ้า ใช้เพื่อแสดงทิศของสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบ ๆ จุดประจุ หรือแสดงทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวกที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า

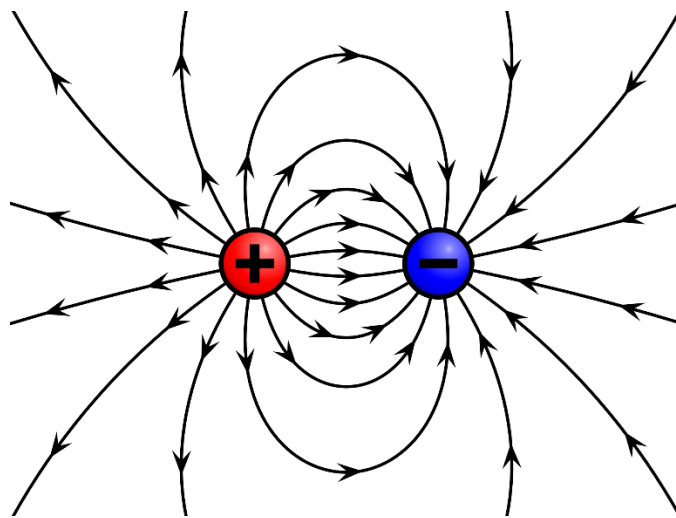


ภาพที่ 1 เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุต่างชนิดกัน

ภาพที่ 2 เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุชนิดเดียวกัน

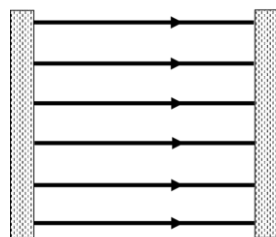
ภาพที่ 3 เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุอิสระและแผ่นตัวนำ

ภาพที่ 4 เส้นแรงไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน

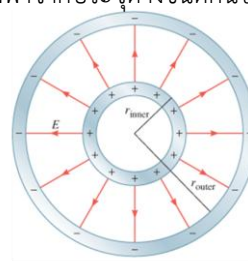


ทิศของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ

นอกจากนี้ยังมีเส้นแรงไฟฟ้าของแผ่นตัวนำขนาน และเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุต่างชนิดกันของวงกลม



ก



ข

รูป 1.19 (ก) เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุต่างชนิดกันของแผ่นตัวนำขนาน

(ข) เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุต่างชนิดกันของตัวนำวงกลมซ้อนกัน

คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า ที่ควรทราบ คือ

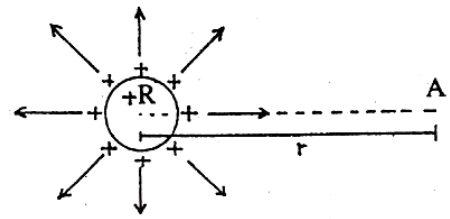
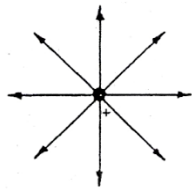
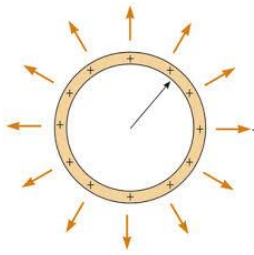
1. เส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออกจากประจุไฟฟ้าบวก และพุ่งเข้าสู่ประจุไฟฟ้าลบ
2. เส้นแรงไฟฟ้าแต่ละเส้นจะไม่ตัดกันจริง
3. เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน ไม่เสริมเป็นแนวเดียวกัน แต่จะเบนแยกออกจากกันเป็นแต่ละแนว ส่วนเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะเสริมกันเป็นแนวเดียวกัน
4. เส้นแรงไฟฟ้าที่พุ่งออกหรือพุ่งเข้าสู่ผิวของวัตถุย่อมตั้งฉากกับผิววัตถุนั้น ๆ เสมอ
5. เส้นแรงไฟฟ้าจะไม่พุ่งผ่านวัตถุตัวนำเลย เส้นแรงไฟฟ้าจะสิ้นสุดอยู่ที่ผิวของวัตถุตัวนำเท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นแรงไฟฟ้ากับสนามไฟฟ้า

1. เส้นตรงที่สัมผัสเส้นแรงไฟฟ้าตรงจุดใด ๆ จะแสดงแนวของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้น
2. จำนวนเส้นแรงไฟฟ้าที่เขียนขึ้นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดจะเป็นสัดส่วนกับขนาดของสนามไฟฟ้า หมายความว่า ที่บริเวณใดก็ตามถ้าเส้นแรงไฟฟ้าอยู่ชิดกันมาก สนามไฟฟ้าก็จะมีค่ามาก ถ้าเส้นแรงไฟฟ้าอยู่ห่างกันสนามไฟฟ้าก็จะมีค่าน้อย
3. ณ บริเวณใดที่เส้นแรงไฟฟ้าห่อกันสม่ำเสมอ สนามไฟฟ้าก็จะคงที่ด้วย เช่น สนามไฟฟ้าที่เกิดจากแผ่นคู่ขนานที่มีประจุไฟฟ้า
4. สนามไฟฟ้าคงที่เส้นแรงไฟฟ้าจะมีทิศขนานกัน

3.4 สนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม

เมื่อพิจารณาตัวนำทรงกลมกลวง หรือตันที่มีประจุไฟฟ้าอิสระประจุจะกระจายอยู่ที่ผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งพบว่าทรงกลมที่จะแผ่อำนาจไฟฟ้าออกไปโดยรอบ ทำให้มีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นดังรูป 1.20



สนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมและจุดประจุ

แสดงสนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลม

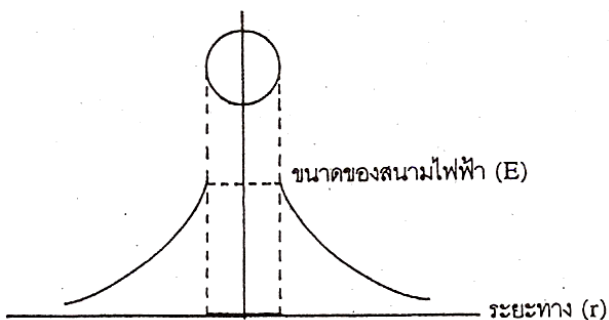
การหาขนาดของสนามไฟฟ้า (E) ณ ระยะห่าง r จากจุดศูนย์กลางของทรงกลม โดยต้องมากกว่าหรือเท่ากับรัศมีของทรงกลม จะได้ว่า

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

r คือระยะจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม

หมายเหตุ เนื่องจากเส้นแรงสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับผิวของตัวนำ และไม่สามารถผ่านทะลุไปในตัวนำได้ ดังนั้น ภายในตัวนำค่าความเข้มสนามไฟฟ้าจึงมีค่าเท่ากับศูนย์เสมอ และที่ผิวทรงกลมตัวนำจะมีค่าความเข้มสนามไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งหาได้จาก $E = \frac{KQ}{R^2}$ เมื่อ R ในที่นี้ คือรัศมีของทรงกลมตัวนำ

ขนาดของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ เนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมแสดงได้ดังกราฟในรูป



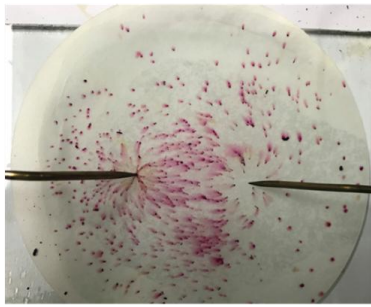
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสนามไฟฟ้า

กับระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม

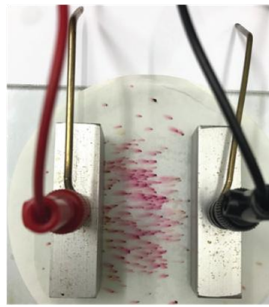
สรุป สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม รัศมี R

1. ถ้า $r < R$ สนามไฟฟ้าภายในตัวทรงกลมเป็นศูนย์
2. ถ้า $r = R$ สนามไฟฟ้ามีค่ามากที่สุด $E = \frac{KQ}{R^2}$
3. ถ้า $r > R$ สนามไฟฟ้ามีค่า $E = \frac{KQ}{r^2}$

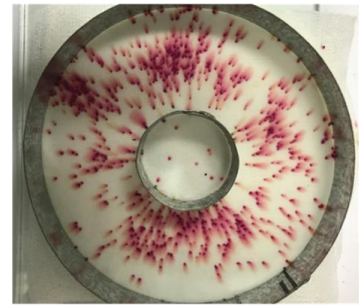
กิจกรรมสาธิต การจำลองเส้นสนามไฟฟ้าโดยใช้ต่างทาบิม



ก. โลหะปลายแหลม



ข. แผ่นโลหะคู่ขนาน

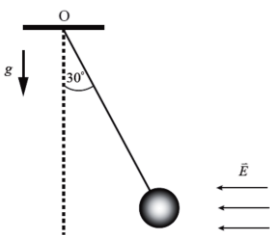


ค. แผ่นโลหะวงกลม

ตัวอย่าง

1. ประจุลบขนาด 2.5 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ในสนามไฟฟ้า เกิดแรงกระทำต่อประจุนี้ขนาด 1.2×10^5 นิวตัน ทิศทางไปทางซ้าย ขนาดของสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใด และมีทิศทางใด

2. ทรงกลมขนาดเล็กมีมวล $\sqrt{3}$ กรัมแขวนด้วยเชือกเบาที่เป็นฉนวน อีกปลายตรึงไว้ที่จุด O เมื่อทรงกลมหยุดนิ่งในสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ ขนาด 2×10^5 นิวตันต่อคูลอมบ์ ซึ่งมีทิศทางในแนวระดับปรากฏว่า เชือกเอียงทำมุม 30° องศา กับแนวตั้ง ดังรูป ประจุของทรงกลมเป็นชนิดใดและมีขนาดเท่าใด



3. ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากจุดประจุเป็นระยะ 2.0 เซนติเมตร มีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็น 1.0×10^5 นิวตันต่อคูลอมบ์ จงหาขนาดของจุดประจุ สนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดประจุนี้นี้ 1.0 เซนติเมตร

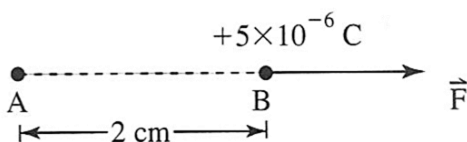
4. จุดประจุ $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ และ $+9 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จงหาตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์จะอยู่ตำแหน่งใด

แบบฝึกหัดที่ 3

1. ตำแหน่งหนึ่งห่างจากจุดประจุ 5×10^{-6} คูลอมบ์ เป็นระยะ 3 เซนติเมตร จะมีค่าสนามไฟฟ้าเท่าไร

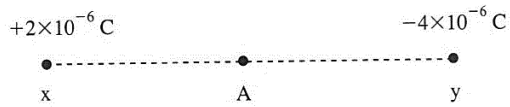
1. 1.5×10^5 N/C
2. 1.5×10^7 N/C
3. 5×10^5 N/C
4. 5×10^7 N/C

2. จากรูป มีแรง F ขนาด 2 นิวตัน กระทำต่อประจุที่ตำแหน่ง B ถ้านำประจุที่ตำแหน่ง B ออกไป สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง B จะมีค่าเท่าไร



1. 4×10^5 N/C, ทิศตรงข้ามกับแรง F
2. 4×10^5 N/C, ทิศทางเดียวกับแรง F
3. 10 N/C, ทิศตรงข้ามกับแรง F
4. 10 N/C, ทิศทางเดียวกับแรง F

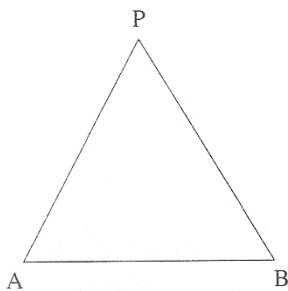
3. จุดประจุสองตัว $+2 \times 10^{-6}$ และ -4×10^{-6} คูลอมบ์ วางห่างกัน 6 เมตร ดังรูป จงหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าตรงจุด A ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง



1. 6×10^3 N/C, ชี้ไปทาง y
 2. 6×10^3 N/C, ชี้ไปทาง x
 3. 2×10^3 N/C, ชี้ไปทาง y
 4. 2×10^3 N/C, ชี้ไปทาง x
4. จุดประจุ 2 จุดประจุ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จุดประจุหนึ่งมีค่า $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ หากสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์อยู่ระหว่างประจุทั้งสองและห่างจากจุดประจุ $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ เท่ากับ 0.2 เมตร ค่าของอีกจุดประจุหนึ่งมีกี่คูลอมบ์

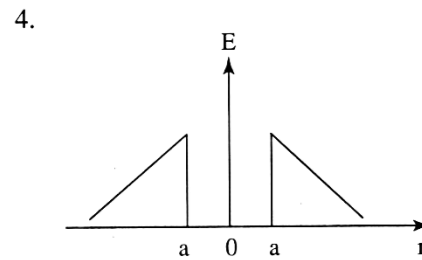
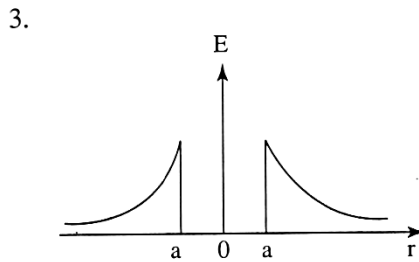
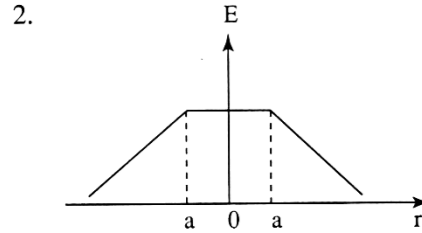
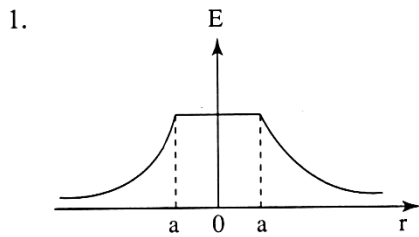
1. 0.9×10^{-8} C
2. 3×10^{-8} C
3. 9×10^{-8} C
4. 30×10^{-8} C

5. จากรูป ABP เป็นสามเหลี่ยมด้านเท่า แต่ละด้านยาว 0.1 เมตร ถ้านำจุดประจุ 1.0×10^{-6} คูลอมบ์วางไว้ที่จุด A และนำจุดประจุ -1.0×10^{-6} คูลอมบ์ วางไว้ที่จุด B สนามไฟฟ้าที่จุด P เนื่องจากจุดประจุ ทั้งสองมีค่าเท่าใด



1. $9\sqrt{3} \times 10^5$ N/C
2. 9.0×10^5 N/C
3. 9.0×10^3 N/C
4. $9\sqrt{3} \times 10^3$ N/C

6. ทรงกลมมีรัศมี a มีประจุกระจายที่ผิวอย่างสม่ำเสมอ กราฟในข้อใดที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้า E ที่ระยะใด ๆ r จากศูนย์กลางของทรงกลมนั้นได้ถูกต้อง



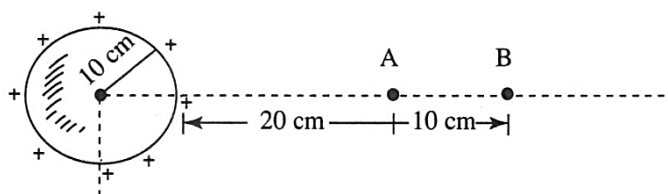
7. วางลูกพิทมว 2 กรัม มีประจุ $+2$ ไมโครคูลอมบ์ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอแนวราบขนาด 10^6 นิวตันต่อคูลอมบ์ ลูกพิทจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร

1. 0 m/s^2
2. 10 m/s^2
3. 100 m/s^2
4. $1,000 \text{ m/s}^2$

8. ลูกพิทมีมวล 1.6 กรัม ลอยนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าขนาด 10^4 นิวตันต่อคูลอมบ์ทิศพุ่งลง อยากทราบว่าลูกพิทมีประจุเท่าใด

1. $8.0 \times 10^{-6} \text{ C}$
2. $3.2 \times 10^{-6} \text{ C}$
3. $2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$
4. $1.6 \times 10^{-6} \text{ C}$

9. ทรงกลมตัวนำมีประจุไฟฟ้ากระจายที่ผิวอย่างสม่ำเสมอ 2 คูลอมบ์ มีรัศมีเท่ากับ 10 เซนติเมตร ดังรูป สนามไฟฟ้าของทรงกลมนี้มีค่าสูงสุดเท่าไร



1. $9.0 \times 10^7 \text{ N/C}$
2. $1.8 \times 10^7 \text{ N/C}$
3. $9.0 \times 10^{12} \text{ N/C}$
4. $1.8 \times 10^{12} \text{ N/C}$

ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย

1. จุดประจุไฟฟ้า -9.0 ไมโครคูลอมบ์ ถูกตรึงอยู่ที่ตำแหน่ง $x = 0.0$ เมตร และจุดประจุไฟฟ้า $-q$ ไมโครคูลอมบ์ ถูกตรึงอยู่ที่ตำแหน่ง $x = 1.0$ เมตร ถ้าสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง $x = 0.5$ เมตร และตำแหน่ง $x = 1.5$ เมตร มีค่าเท่ากันทั้งขนาด และทิศทาง

คำถาม จงหาค่า q (A-Level 68)

1. 4.0
2. 4.5
3. 5.0
4. 9.0
5. ไม่มีค่า q ที่เป็นไปได้

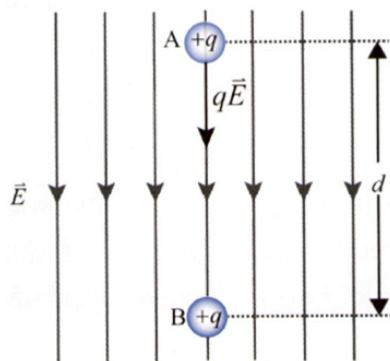
4. ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential)

เมื่อนำประจุไฟฟ้า q ไปวางไว้ ณ ตำแหน่งหนึ่งแล้วมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเป็น E_p ถ้านำประจุ $+1$ หน่วยไปวาง ณ ตำแหน่งนั้น จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้า E_p/q เรียกพลังงานนี้ว่า ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น เมื่อให้ V เป็นศักย์ไฟฟ้า จะได้ว่า

$$V = \frac{E_p}{q} \quad \text{หรือ} \quad E_p = qV$$

ศักย์ไฟฟ้า (V) เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น จูล/คูลอมบ์ (J/C) หรือเรียกว่า โวลต์ (V)

4.1 งานในการย้ายประจุในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ



แรงที่กระทำต่อประจุ q เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

งานในการย้ายประจุจาก A ไป B

$$W_{A \rightarrow B} = -q(V_B - V_A) = q(V_A - V_B) \quad \text{หรือ} \quad W = q\Delta V$$

เมื่อ $W_{A \rightarrow B}$ คือ งานในการย้ายประจุจาก A ไป B

q คือ ประจุที่ทำการย้าย

V_B, V_A คือ ความต่างศักย์ที่จุด B และ จุด A ตามลำดับ

$(V_A - V_B)$ เรียกว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด B กับจุด A เขียนสั้นๆ ว่า (V_{AB}) หรือบางทีอาจใช้ “ V ” แทนก็ได้ และถ้าให้ตำแหน่งอ้างอิงมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ จะได้ว่า $V_A - 0 = V_A$

ข้อสังเกต

1. งานของแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าที่เป็นบวก ทำให้ประจุ $+q$ มีพลังงานศักย์ไฟฟ้าลดลง
2. สนามไฟฟ้ามีทิศจากตำแหน่งศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ หรือชี้ไปทางตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าลดลง

4.2 ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะ r หาได้จาก

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

เมื่อ V คือ ศักย์ไฟฟ้าที่จุดนั้น โวลต์

K คือ ค่าคงที่ไฟฟ้า $= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Q คือ ประจุไฟฟ้าที่ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้า

r คือ ระยะห่างจากประจุ

**** จำ ในการแทนค่า Q ต้องแทนเครื่องหมาย บวก ลบ ด้วยเสมอ เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์**

ลักษณะของศักย์ไฟฟ้า

1. ศักย์ไฟฟ้า , พลังงานศักย์ไฟฟ้า และงานในการเคลื่อนย้ายประจุ ปริมาณสเกลาร์ไม่มีทิศทาง
2. จุดใดที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกจะมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์และจุดทั้งสองจะมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ
3. การหาศักย์ไฟฟ้ารวม ณ จุดใด ๆ จะเท่ากับผลบวกของศักย์ไฟฟ้าย่อย ณ จุดนั้น
4. ตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ได้แก่ ที่ระยะอนันต์ และที่ผิวโลก

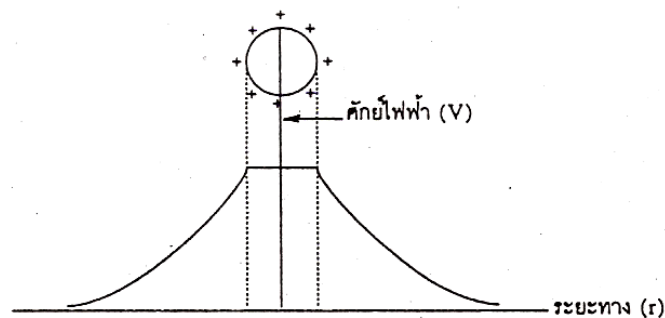
4.3 ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุตัวนำทรงกลม

ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ ณ ระยะห่าง r จากจุดศูนย์กลางของทรงกลม จะได้ว่า

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

r คือระยะจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม

หมายเหตุ เนื่องจากสนามไฟฟ้าภายในทรงกลมเป็นศูนย์ จึงไม่มีแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้ากระทำต่อประจุ ดังนั้นในการเคลื่อนประจุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในตัวนำทรงกลมจึงไม่ต้องทำงาน แสดงว่า ความต่างศักย์ระหว่างสองจุดใด ๆ ภายในตัวนำทรงกลมเป็นศูนย์ นั่นคือศักย์ไฟฟ้าที่จุดใด ๆ ภายในตัวนำทรงกลมมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิวตัวนำทรงกลม



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสนามไฟฟ้า กับระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม

สรุป ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม รัศมี a

1. ถ้า $r < a$ ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมเท่ากับที่ผิว $V = \frac{KQ}{a}$

2. ถ้า $r = a$ ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวมีค่า $V = \frac{KQ}{a}$

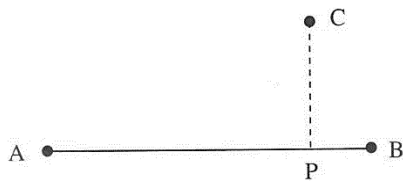
3. ถ้า $r > a$ ศักย์ไฟฟ้านอกผิวมีค่า $V = \frac{KQ}{r}$

ตัวอย่าง

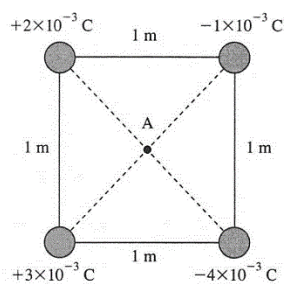
1. จุดหนึ่งห่างจากจุดประจุ $+4$ ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 9 มิลลิเมตร จุดนี้จะมีศักย์ไฟฟ้าเท่าไร

2. จุดหนึ่งห่างจากจุดประจุออกมาเป็นระยะ 20 มิลลิเมตร พบว่ามีศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น $+100$ โวลต์ อยากทราบว่าจุดนั้นมีสนามไฟฟ้าเท่าไร

3. จากรูป A, B และ C มีจุดประจุขนาด 3.0×10^{-6} , 1.0×10^{-6} และ -1.0×10^{-6} คูลอมบ์ ตามลำดับ เมื่อ $AP = 0.6$ เมตร $CP = 0.3$ เมตร และ $BP = 0.1$ เมตร ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง P มีค่าเท่าใด



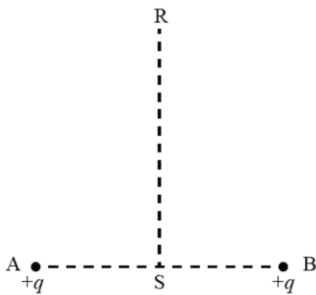
4. จุดประจุมหาอยู่ในตำแหน่งดังรูป ที่จุด A จะมีศักย์ไฟฟ้ากี่โวลต์



5. ตัวนำทรงกลมหนึ่งมีรัศมี 10 เซนติเมตร มีประจุ -2×10^{-8} คูลอมบ์ กระจายที่ผิวอย่างสม่ำเสมอ ถ้าเคลื่อนประจุ $+1 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ จากจุดที่ห่างจากผิวทรงกลมเป็นระยะ 15 เซนติเมตร ไปจนถึง ระยะอนันต์จะต้องทำงานเท่าใด

แบบฝึกหัดที่ 4

1. วางจุดประจุขนาดเท่ากันและชนิดเดียวกันที่ตำแหน่ง A และ B ให้ RS เป็นเส้นตรงที่ลากแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นตรงที่ต่อเชื่อม ระหว่างจุด A และ B ที่จุด S ดังรูปข้อความต่อไปนี้ไม่ต้อง



1. ตำแหน่ง S เป็นจุดสะเทิน
2. ทุกจุดบนเส้นตรง RS มีทิศทางของสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับแนว AB
3. ทุกจุดบนเส้นตรง RS มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากับศูนย์
4. ไม่มีข้อใดถูก

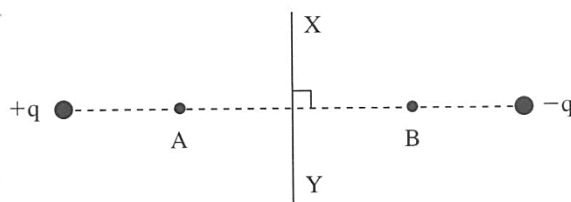
2. จุดหนึ่งห่างจากจุดประจุ -5 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 3 เซนติเมตร จุดนี้จะมีศักย์ไฟฟ้าเท่าไร

1. -1.5 kV
2. -5.0 kV
3. 1.5 kV
4. 5.0 kV

3. จุดหนึ่งห่างจากจุดประจุบวกออกมาเป็นระยะ 5 เซนติเมตร พบว่าจุดนั้นมีสนามไฟฟ้า 4×10^3 นิวตันต่อคูลอมบ์ จุดนี้จะมีศักย์ไฟฟ้าเท่าไร

1. 100 V
2. 200 V
3. 300 V
4. 400 V

4. จากรูป เส้นตรง XY อยู่กึ่งกลางและตั้งฉากกับเส้นตรงที่ลากระหว่างประจุ $+q$ และ $-q$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

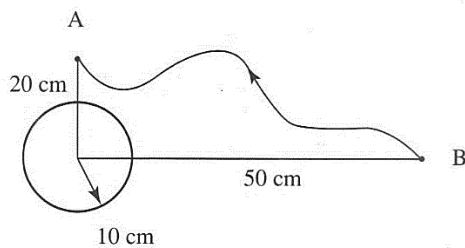


1. ทุกจุดบนเส้นตรง XY สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากัน
2. ทุกจุดบนเส้นตรง XY ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์
3. จุด A และ B ศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน แต่สนามไฟฟ้าไม่เท่ากัน
4. จุด A และ B ศักย์ไฟฟ้าไม่เท่ากัน แต่สนามไฟฟ้าเท่ากัน

5. จุดประจุ 3 จุดประจุ วางอยู่ที่มุมของสามเหลี่ยมด้านเท่ายาวด้านละ 2 เซนติเมตร ทำให้จุดที่เส้นมัธยฐานทั้งสามตัดกันมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ หากจุดประจุ 2 จุดประจุมีค่า $+2$ และ $+4$ ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่าจุดประจุตัวที่ 3

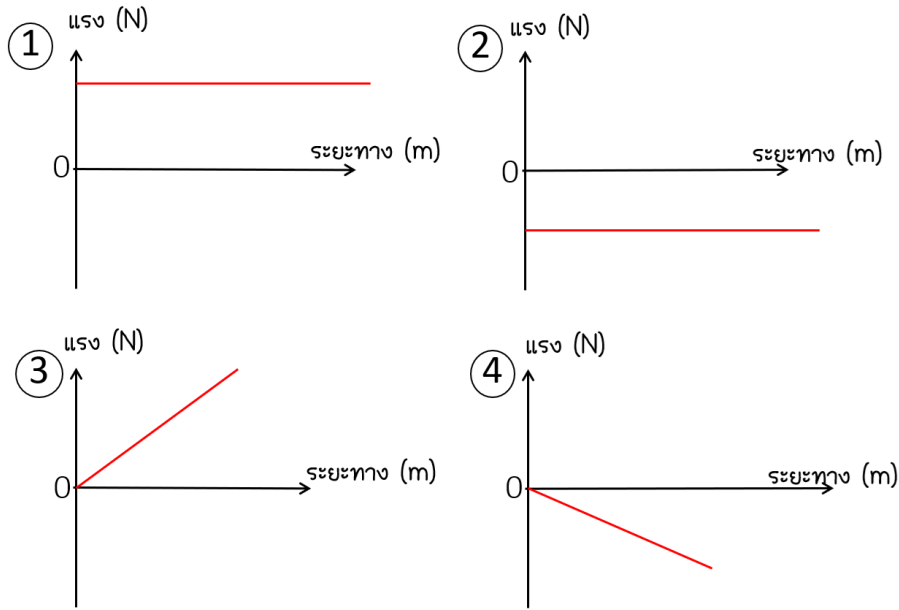
1. -8 ไมโครคูลอมบ์
2. -6 ไมโครคูลอมบ์
3. $+6$ ไมโครคูลอมบ์
4. $+8$ ไมโครคูลอมบ์

6. หากมีประจุกระจายอยู่บนตัวนำทรงกลมกลวงอย่างสม่ำเสมอ ศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าภายในจุดศูนย์กลางทรงกลมกลวงมีค่าเท่าไร
1. ทั้งศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์
 2. ศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์
 3. ศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน และสนามไฟฟ้าเท่ากัน
 4. ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าเท่ากัน
7. ทรงกลมโลหะกลวงมีรัศมี 20 เซนติเมตร ทำให้มีศักย์ไฟฟ้า 10,000 โวลต์ สนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลมบริเวณใกล้ผิวจะมีค่าเท่าใดในหน่วย โวลต์ต่อเซนติเมตร
1. 500 V/cm
 2. 800 V/cm
 3. 1,000 V/cm
 4. 1,100 V/cm
8. ข้อใดต่อไปนี้ผิด
1. ศักย์ไฟฟ้า คือ พลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุตรงตำแหน่งที่ประจุวางไว้
 2. งานที่ทำในการนำประจุบวกหนึ่งหน่วยประจุจากระยะอนันต์มายังจุดนั้น คือ ศักย์ไฟฟ้า
 3. ที่ได้ก็ตามสนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ที่นั่นศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย
 4. สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งติดกับผิวของตัวนำที่มีประจุจะมีทิศตั้งฉากกับผิวเสมอ
9. โลหะรูปทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร มีประจุ 10^{-9} คูลอมบ์ ดังรูป จงหางานในการนำโปรตอน 1 ตัวเคลื่อนที่จากจุด B มายังจุด A

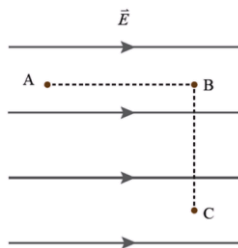


1. 2.9×10^{-18} J
2. 4.3×10^{-18} J
3. 7.2×10^{-18} J
4. 30×10^{-18} J

9. ประจุ $-Q$ เคลื่อนที่จากแผ่นโลหะที่มีศักย์ไฟฟ้าบวก ไปยังแผ่นโลหะที่มีศักย์ไฟฟ้าลบตามแนวเส้นตรง ถ้าเขียนกราฟระหว่างแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ $-Q$ กับ ระยะทางที่ประจุ $-Q$ เคลื่อนที่ได้ จะได้กราฟลักษณะอย่างไร



10. ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ดังรูป พิจารณา



ก. สนามไฟฟ้าที่จุด A, B และ C มีขนาดเท่ากัน

ข. แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ $+q$, $-q$, $-q$ เมื่อประจุอยู่ที่ตำแหน่ง A, B และ C ตามลำดับ มีขนาดเท่ากัน

ค. ศักย์ไฟฟ้าที่ A มากกว่าศักย์ไฟฟ้าที่ B และศักย์ไฟฟ้าที่ B มากกว่าศักย์ไฟฟ้าที่ C

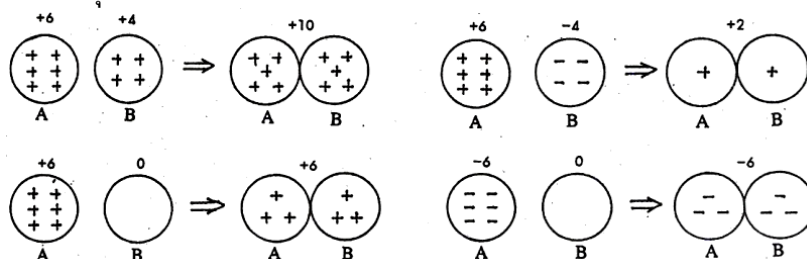
ข้อความใดถูกต้อง

1. ข้อ ก ข และ ค
2. ข้อ ก และ ข
3. ข้อ ข และ ค
4. เฉพาะข้อ ง

5. การถ่ายเทประจุไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม

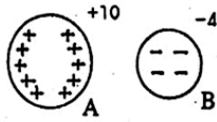
การถ่ายเทประจุไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม จะนำไปใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับแรงกระทำระหว่างประจุเท่านั้น หลักการถ่ายเทประจุไฟฟ้า มีดังนี้

1. ในการถ่ายเทปริมาณประจุไฟฟ้าคงที่เสมอ คือ ประจุไฟฟ้ารวมก่อนถ่ายเทจะเท่ากับประจุไฟฟ้ารวมหลังถ่ายเท
2. หลังการถ่ายเทประจุไฟฟ้าบนตัวนำจะเป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน
3. หลังการถ่ายเท วัตถุที่มีขนาดเท่ากันจะมีประจุไฟฟ้าเท่ากัน ถ้าวัตถุมีขนาดไม่เท่ากัน วัตถุที่มีขนาดใหญ่จะมีประจุไฟฟ้ามากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า กรณีตัวนำทรงกลมประจุบนตัวนำหลังถ่ายเทแล้วจะแปรโดยตรงกับรัศมีของทรงกลม

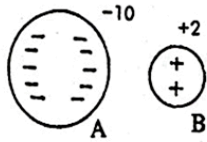


การถ่ายเทประจุ กรณีทรงกลมทั้งสองมีขนาดเท่ากัน

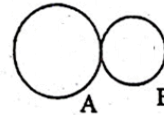
ทรงกลม A มีรัศมี 2 เท่าของทรงกลม B



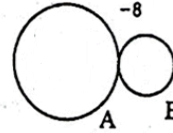
ทรงกลม A มีรัศมี 3 เท่าของทรงกลม B



A มีประจุเป็น 2 เท่าของ B



A มีประจุเป็น 3 เท่าของ B



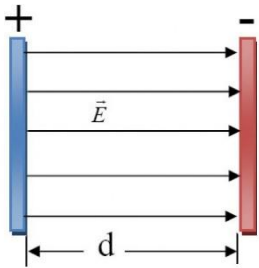
การถ่ายเทประจุ กรณีทรงกลมทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากัน

แบบฝึกหัดที่ 5

- ตัวนำทรงกลมซึ่งมีขนาดและมวลเท่ากัน 2 ลูก ทรงกลมทั้งสองต่างก็มีประจุและแขวนได้ด้วยเส้นด้ายที่เป็นฉนวน ในตอนแรกเมื่อนำทรงกลมทั้งสองเข้าใกล้กัน ปรากฏว่าเกิดการดูดกัน แต่เมื่อให้ทรงกลม ทั้งสองสัมผัสกันแล้วแยกออกจากกัน หลังจากนั้นเมื่อนำทรงกลมทั้งสองมาใกล้กันปรากฏว่าเกิด แรงผลักรัน ข้อใดเป็นข้อสรุปที่ถูกต้องสำหรับทรงกลมทั้งสองก่อนที่จะถูกนำมาสัมผัสกัน
 - ทรงกลมทั้งสองมีประจุขนาดเท่ากันแต่เป็นชนิดตรงข้าม
 - ทรงกลมทั้งสองมีประจุขนาดไม่เท่ากันและเป็นชนิดตรงกันข้าม
 - ทรงกลมทั้งสองมีประจุขนาดไม่เท่ากันและเป็นชนิดเดียวกัน
 - ทรงกลมทั้งสองมีประจุบวก
- ตัวนำรูปทรงกลม A และ B มีรัศมีของทรงกลมเป็น r และ $2r$ ตามลำดับ ถ้าตัวนำ A มีประจุ Q และตัวนำ B มีประจุ $-2Q$ เมื่อเอามาแตะกันแล้วแยกออก จงหาประจุของตัวนำ A
 - $-Q$
 - $-\frac{Q}{2}$
 - $-\frac{2Q}{3}$
 - $-\frac{Q}{3}$
- ทรงกลมตัวนำ 2 ลูก ขนาดเท่ากันมีรัศมี 10 เซนติเมตร แต่ละลูกมีประจุไฟฟ้า $+2$ และ -10 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ เมื่อนำทรงกลมทั้งสองมาแตะกัน แล้วแยกออกวางให้ผิวห่างกัน 10 เซนติเมตร จะเกิดแรงระหว่างทรงกลมทั้งสองเท่าไร
 - 1.4 N
 - 1.6 N
 - 1.8 N
 - 2.0 N

6. ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

เมื่อนำแผ่นโลหะ 2 แผ่นวางขนานกัน แล้วทำให้เกิดสนามไฟฟ้าดังรูป สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เรียกว่า สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ



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

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างจุดทั้งสอง

ΔV คือ ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองแผ่น

หน่วยของสนามไฟฟ้า นอกจากเป็นนิวตัน/คูลอมบ์ อาจเขียนเป็น โวลต์/เมตร ก็ได้

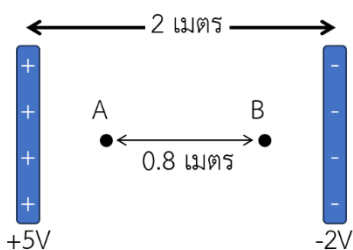
อย่าลืม งานในการย้ายประจุจาก A ไป B

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) \quad \text{หรือ} \quad W = q\Delta V$$

ตัวอย่าง

1. แผ่นโลหะขนานสองแผ่น วางห่างกันเป็นระยะ x แต่ละแผ่นมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงกันข้าม อนุภาคมวล m มีประจุไฟฟ้า $-Q$ หลุดออกจากแผ่นโลหะที่มีประจุลบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว a ไปยังแผ่นโลหะที่มีประจุบวก แผ่นโลหะทั้งสองมีความต่างศักย์เท่าใด

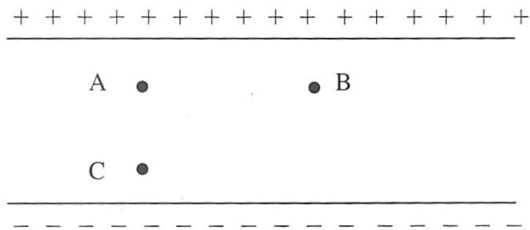
2. แผ่นตัวนำ 2 แผ่น วางห่างกัน 2 เมตร มีศักย์ไฟฟ้า $+5$ โวลต์ และ -2 โวลต์ตามลำดับ จุด A และ B อยู่ห่างกัน 0.8 เมตรดังรูป จงหาว่าจุด A และ B มีศักย์ไฟฟ้าต่างกันเท่าใด



3. จากข้อที่ผ่านมา ถ้าอิเล็กตรอนหลุดออกจากแผ่นซ้ายลบจะใช้เวลาเท่าใดจึงจะเคลื่อนที่ถึงแผ่นขว่บวก

แบบฝึกหัดที่ 6

1. จากรูป แผ่นตัวนำใหญ่มาก วางตัวขนานกันอยู่ แผ่นหนึ่งมีประจุบวกอีกแผ่นหนึ่งมีประจุลบ ถ้าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากจุด A ไปจุด B พลังงานศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กตรอนจะเป็นอย่างไร

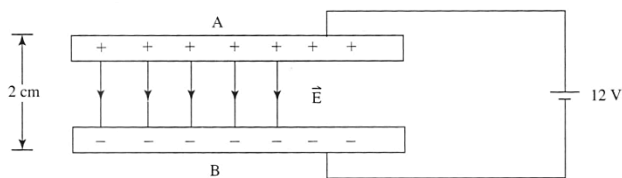


1. ลดลง
 2. เพิ่มขึ้น
 3. คงเดิม
 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น
2. จากปัญหาข้อ 1 ถ้าปล่อยให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างอิสระจาก C ไป A พลังงานทั้งหมดของอิเล็กตรอนจะเป็นอย่างไร
1. ลดลง
 2. เพิ่มขึ้น
 3. คงเดิม
 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น
3. จากปัญหาข้อ 1 ถ้าเปรียบเทียบพลังงานศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กตรอนกับโปรตอนที่จุด C จะพบว่าเป็นอย่างไร
1. โปรตอนน้อยกว่าอิเล็กตรอน
 2. โปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอน
 3. เท่ากัน
 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น
4. แผ่นตัวนำขนานกันสองแผ่นวางห่างกัน 0.2 เซนติเมตร ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอตามแนวตั้งมีทิศพุ่งลง ถ้าต้องการให้อิเล็กตรอนลอยอยู่นิ่งๆ ได้ที่ตำแหน่งหนึ่งระหว่างตัวนำขนานกันนี้ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำขนานกันจะเป็นเท่าใด
1. $1.0 \times 10^{-13} \text{ V}$
 2. $1.1 \times 10^{-13} \text{ V}$
 3. $1.2 \times 10^{-13} \text{ V}$
 4. $1.3 \times 10^{-13} \text{ V}$

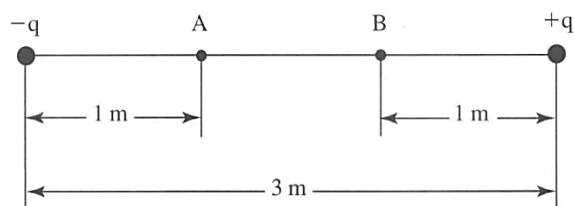
5. แผ่นโลหะขนาน 2 แผ่นวางห่างกัน d ความต่างศักย์ V ถ้ามีอนุภาคประจุ q มวล m ลอยอยู่ระหว่างแผ่นทั้งสอง จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นเท่าใด (ไม่คิดแรงโน้มถ่วง)

1. $\frac{qV}{d}$
2. $\frac{qd}{V}$
3. $\frac{mqd}{V}$
4. $\frac{mqV}{d}$

6. แผ่นโลหะ 2 แผ่น A และ B มีขนาดของพื้นที่เท่ากันทั้ง 2 แผ่น วางขนานกันโดยมีระยะห่างจากกัน 2 เซนติเมตร ถ้าต่อแผ่นโลหะ A เข้าขั้วบวก และแผ่นโลหะ B เข้าขั้วลบของแบตเตอรี่ซึ่งมีความต่างศักย์ ระหว่างขั้ว 12 โวลต์ ดังรูป จงหาขนาดของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง



1. $6 \times 10^2 \text{ N/C}$
 2. 6 N/C
 3. 12 N/C
 4. $12 \times 10^2 \text{ N/C}$
7. ประจุไฟฟ้าสองประจุ $-q$ และ $+q$ มีขนาด 1.0×10^{-8} คูลอมบ์เท่ากัน ห่างกัน 3 เมตร ดังรูปถ้าปล่อยประจุ -1.0×10^{-9} คูลอมบ์ที่จุด A ประจุนี้ผ่านจุด B ด้วยพลังงานจลน์เท่าใด

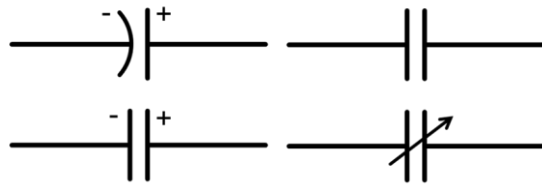


1. $80 \times 10^{-9} \text{ J}$
 2. $90 \times 10^{-9} \text{ J}$
 3. $100 \times 10^{-9} \text{ J}$
 4. $110 \times 10^{-9} \text{ J}$
8. จะต้องให้ความต่างศักย์ไฟฟ้ากี่โวลต์ เพื่อจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่สามารถเร่งอิเล็กตรอนจากหยุดนิ่งให้มีความเร็ว 0.4×10^7 เมตรต่อวินาที
1. 45.5 V
 2. 90 V
 3. 91 V
 4. 92 V

9. จุด A อยู่ห่างจากประจุ $+8 \times 10^{-9}$ คูโลมบ์ เป็นระยะ 0.9 เมตร และจุด B อยู่ห่างจากประจุ $+8 \times 10^{-9}$ คูโลมบ์ เป็นระยะ 1.6 เมตร จงหางานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุ $+4$ ไมโครคูโลมบ์ จาก B ไปยัง A
1. 35 J
 2. 35 J
 3. 1.6×10^{-4} J
 4. 3.5×10^{-4} J
10. A และ B เป็นจุดที่อยู่ห่างจากประจุ 4×10^{-6} คูโลมบ์ เป็นระยะทาง 2 และ 12 เมตรตามลำดับถ้าต้องการเคลื่อนประจุ 4 คูโลมบ์ จาก B ไป A ต้องใช้งานในหน่วยกิโลจูลเป็นจำนวนเท่าใด
1. 8.75 kJ
 2. 15 kJ
 3. 35 kJ
 4. 60 kJ
11. อนุภาคโปรตอนเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 50,000 นิวตันต่อคูโลมบ์ จาก A ไป B ถ้าการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้ทำให้อนุภาคโปรตอนดังกล่าว มีพลังงานจลน์เปลี่ยนไป 2×10^{-15} จูล จงหาระยะทางจาก A ไป B
1. 0.25 m
 2. 0.5 m
 3. 0.75 m
 4. 1.0 m
12. อิเล็กตรอนมวล 9×10^{-31} กิโลกรัม ประจุ 1.6×10^{-19} คูโลมบ์ ถูกเร่งผ่านความต่างศักย์ 100 โวลต์ ความเร็วของอิเล็กตรอนเป็นเท่าใด
1. 4×10^6 m/s
 2. 6×10^6 m/s
 3. 4×10^7 m/s
 4. 6×10^7 m/s
13. จุดประจุ A ขนาด 15 ไมโครคูโลมบ์ อยู่บนแกน Y ณ ตำแหน่ง Y เท่ากับ 3.0 เมตร ในขณะที่จุดประจุ B ขนาด -4 ไมโครคูโลมบ์ อยู่บนแกน X ณ ตำแหน่ง X เท่ากับ 2.0 เมตร จงหาว่าต้องใช้พลังงานเท่าใดในการย้ายประจุ $+2$ ไมโครคูโลมบ์ จากระยะอนันต์มาไว้ยังจุดกำเนิดพิกัดฉากนี้
1. -27 mJ
 2. 54 mJ
 3. -63 mJ
 4. 63 mJ

7. ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า

ตัวเก็บประจุ (capacitor หรือ condenser) ซึ่งมีหน้าที่ในการเก็บประจุ



ตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

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

เมื่อ

Q

ประจุไฟฟ้า

(คูลอมบ์ : C)

V

ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำ

(โวลต์ : V)

C

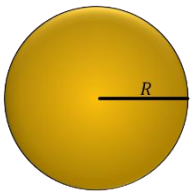
ความจุไฟฟ้าของตัวนำ

(ฟารัด : F)

หน่วยของความจุเป็น คูลอมบ์/โวลต์ (C/V) หรือเรียกว่า ฟารัด (F)

7.1 ความจุไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลุ่เดียว

เมื่อตัวนำทรงกลมรัศมี R มีประจุไฟฟ้า Q บนผิวตัวนำ จะเกิดศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมมีค่า V จากนิยามความจุไฟฟ้า C



จะได้

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

เมื่อ

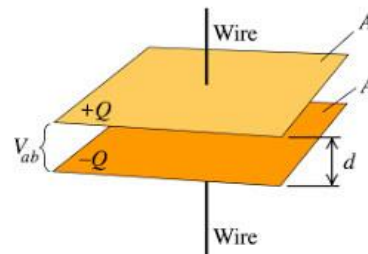
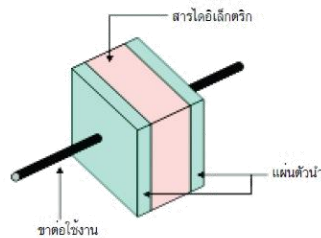
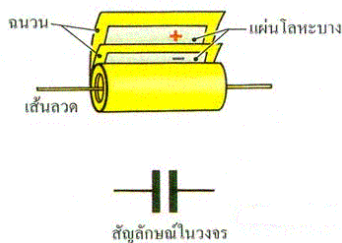
K คือ ค่าคงที่ไฟฟ้า = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

C คือ ความจุไฟฟ้าของตัวนำ

R คือ รัศมีของตัวนำทรงกลม

ดังนั้น ค่าความจุไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม จะแปรผันตรงกับรัศมีของตัวนำนี้

7.2 ความจุไฟฟ้าของแผ่นโลหะคู่ขนาน



ความจุของแผ่นโลหะตัวนำคู่ขนาน ขึ้นอยู่กับ

1. ระยะห่างระหว่างแผ่น ถ้าระยะห่างน้อย แรงดึงดูดระหว่างประจุมาก ทำให้เก็บประจุได้มาก
2. พื้นที่ของแผ่นโลหะคู่ขนาน ถ้าพื้นที่มากจะเก็บประจุได้มาก
3. ค่าคงตัวของสารไดอิเล็กตริก
4. สนามไฟฟ้า
5. ประจุไฟฟ้า

7.3 การต่อตัวเก็บประจุ

ในการนำตัวเก็บประจุหลาย ๆ ตัว มาต่อกันเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน มี 2 วิธีด้วยกันคือ

1. การต่อแบบอนุกรม

คือ การนำแผ่นบวกของตัวเก็บประจุของแผ่นหนึ่งมาต่อกับแผ่นลบของตัวเก็บประจุหนึ่ง เรียงกันเรื่อย ๆ ไปดังรูป

- 1.) ประจุในตัวเก็บประจุแต่ละตัวเท่ากันเท่ากับประจุที่วงจร

$$Q_{Total} = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

- 2.) ความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทุกตัวเขียนสมการได้ว่า

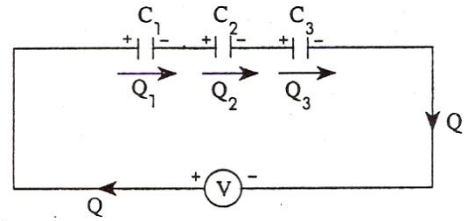
$$V_{Total} = V_1 + V_2 + V_3$$

ดังนั้น

$$\frac{Q_{Total}}{C_{Total}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

ได้ว่า

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



2. การต่อแบบขนาน

คือ การนำตัวเก็บประจุมาต่อกันโดยให้ต่อบวกรวมกันที่จุดหนึ่งและให้แผ่นลบรวมกันที่อีกจุดหนึ่ง ดังรูป

ผลของการต่อแบบขนานจะได้ว่า

1. ความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะเท่ากันและเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม
2. ประจุไฟฟ้ารวมเท่ากับผลรวมของประจุที่ผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า

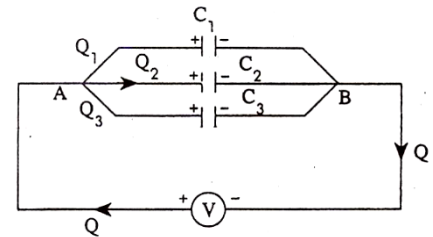
เขียนสมการได้ว่า

$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

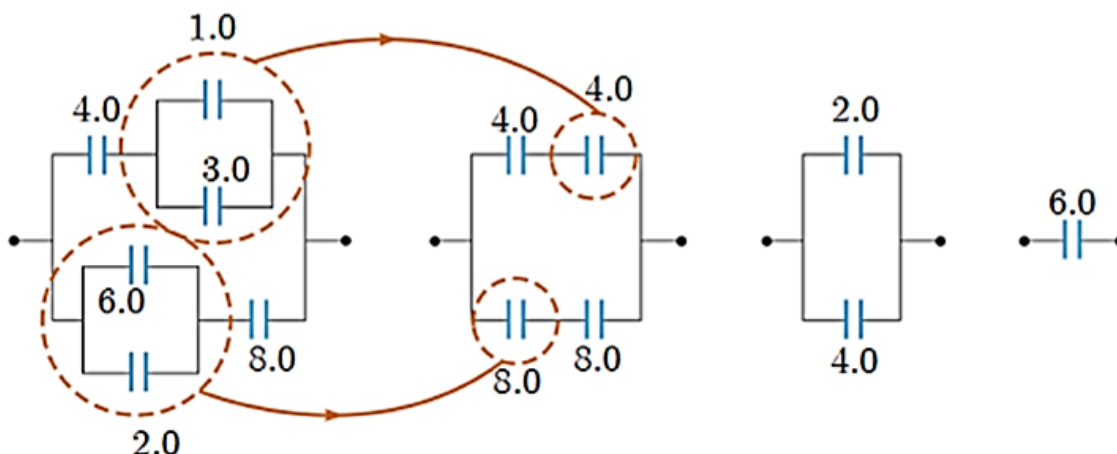
$$CV_{Total} = C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3$$

จะได้ว่า

$$C_{Total} = C_1 + C_2 + C_3$$

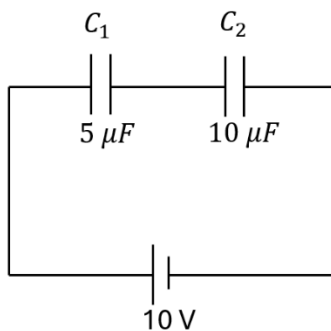


ตัวอย่าง หาความจุไฟฟ้ารวมจากการต่อแบบผสม

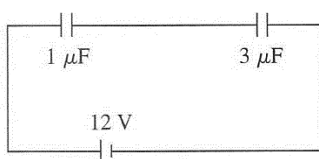


ตัวอย่าง

- โลหะทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร มีความจุไฟฟ้าเท่าใดในหน่วยพิโกฟารัด (pF)
 - 11 pF
 - 22 pF
 - 90 pF
 - 100 pF
- ทรงกลม a และ b มีประจุ +10 ไมโครคูลอมบ์เท่ากัน แต่ a มีรัศมี 10 เซนติเมตร ขณะที่ b มีรัศมี 5 เซนติเมตร เมื่อนำทรงกลมทั้งสองแตะกันแล้วแยกจากกัน ตอนหลังทรงกลม a และ b จะมีความจุเท่าไร ตามลำดับ
 - 11.1 pF, 5.6 pF
 - 1.1×10^{-11} pF, 0.5×10^{-11} pF
 - 10 pF, 5 pF
 - 10×10^{-11} pF, 5×10^{-11} pF
- จากวงจรต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ดังรูป จงหาค่าความจุรวมของวงจร



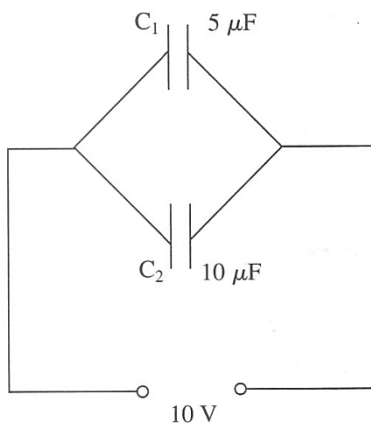
- 3.33 μF
 - 5.0 μF
 - 10.0 μF
 - 15.0 μF
- จากปัญหาข้อ (3) ค่าประจุไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุทั้งสองเท่ากับเท่าไรตามลำดับ
 - 33.33 μC , 10.0 μC
 - 33.33 μC , 33.33 μC
 - 50 μC , 50 μC
 - 100 μC , 100 μC
- ตัวเก็บประจุสองตัว 1 และ 3 ไมโครฟารัด ต่ออยู่กับความต่างศักย์ 12 โวลต์ ดังรูปจงคำนวณหาประจุที่อยู่ในตัวเก็บประจุ 1 ไมโครฟารัด



- 12 μC
 - 9 μC
 - 4 μC
 - 3 μC

แบบฝึกหัดที่ 6

- แผ่นโลหะขนานกันห่างกัน 0.05 เมตร ทำเป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุ 90 พิโกฟารัด ถ้าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะมีค่า 300 นิวตันต่อคูลอมบ์ อยากทราบว่าตัวเก็บประจุนี้มีประจุจำนวนกี่คูลอมบ์
 - $2.7 \times 10^{-4} \text{ C}$
 - $2.7 \times 10^{-5} \text{ C}$
 - $2.7 \times 10^{-9} \text{ C}$
 - $2.7 \times 10^{-11} \text{ C}$
- ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมรัศมี 60 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 3×10^5 โวลต์ ประจุไฟฟ้าในข้อใดที่ตัวนำทรงกลมนี้สามารถเก็บได้
 - $12 \text{ } \mu\text{C}$
 - $18 \text{ } \mu\text{C}$
 - $20 \text{ } \mu\text{C}$
 - $24 \text{ } \mu\text{C}$
- ในการทำให้วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบหรือเป็นบวกมีสภาพไฟฟ้าเป็นกลางนั้นจะต้องต่อสายดินกับพื้นโลกทั้งนี้เพราะเหตุใด
 - โลกมีความต้านทานต่ำ
 - โลกมีความจุไฟฟ้ามาก
 - โลกมีสนามไฟฟ้าต่ำ
 - โลกมีศักย์ไฟฟ้าเป็นกลาง
- ข้อใดต่อไปนี้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบแผ่นคู่ขนาน
 - ระยะระหว่างแผ่นคู่ขนาน
 - ชนิดของตัวกลางระหว่างแผ่นคู่ขนาน
 - พื้นที่ของแผ่นคู่ขนาน
 - คำตอบเป็นอย่างอื่น
- จากวงจรต่อตัวเก็บประจุแบบขนานดังรูป จงหาค่าความจุรวมของวงจร

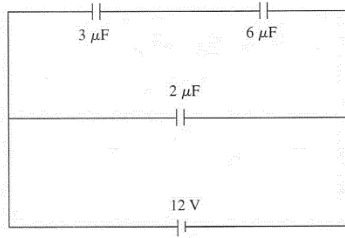


- $3.33 \text{ } \mu\text{F}$
- $5.0 \text{ } \mu\text{F}$
- $10.0 \text{ } \mu\text{F}$
- $15.0 \text{ } \mu\text{F}$

6. จากปัญหาข้อ 5 ค่าประจุไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุทั้งสองเท่ากับเท่าไรตามลำดับ

1. $33.33 \mu C$, $33.33 \mu C$
2. $50 \mu C$, $100 \mu C$
3. $50 \mu C$, $50 \mu C$
4. $100 \mu C$, $100 \mu C$

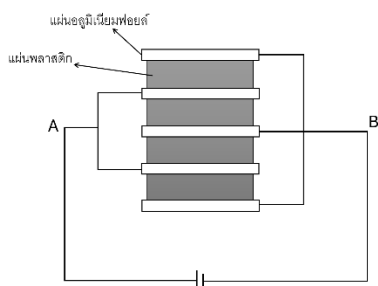
7. วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยตัวเก็บประจุสามตัวต่ออยู่กับความต่างศักย์ 12 โวลต์ ดังรูป



จงคำนวณหาขนาดของความต่างศักย์ที่
คร่อมตัวเก็บประจุ 3 ไมโครฟารัด
และ 6 ไมโครฟารัด ตามลำดับ

1. 12 V และ 12 V
2. 6 V และ 6 V
3. 4 V และ 8 V
4. 8 V และ 4 V

8. ในการทดลองสร้างตัวเก็บประจุแผ่นโลหะขนานด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์และพลาสติกวางซ้อนๆ กัน เมื่อใช้แผ่นอะลูมิเนียม 2 แผ่น ให้
ความจุ 300 พิโกฟารัด ถ้าใช้แผ่นอะลูมิเนียม 5 แผ่น และต่อวงจรไฟฟ้าดังรูป ความจุระหว่าง AB เป็นกี่พิโกฟารัด

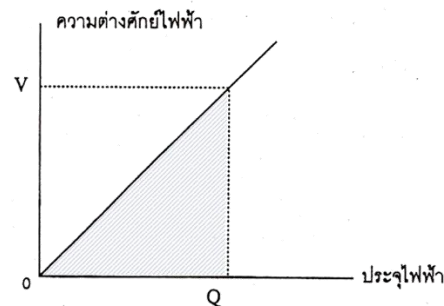
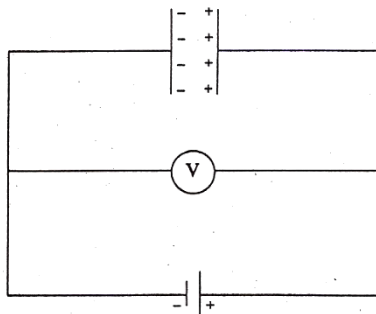


1. 300 pF
2. 1,200 pF
3. 75 pF
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

9. ต่อตัวเก็บประจุ 1,000 ไมโครฟารัด เข้ากับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แล้วปลดออก จากนั้นจึงนำตัวเก็บประจุตัวนั้นออกไปต่อขนานกับตัวเก็บประจุ 2,000 ไมโครฟารัด อีกตัวหนึ่ง ความต่างศักย์ระหว่างขั้วของ ตัวเก็บประจุตัวเดิมจะเป็นเท่าใด
1. 12 V
 2. 8 V
 3. 6 V
 4. 4 V
10. ตัวเก็บประจุขนาด 50 ไมโครฟารัด อันหนึ่ง มีความต่างศักย์ 16 โวลต์ เมื่อนำมาต่อขนานกับ ตัวเก็บประจุขนาด 30 ไมโครฟารัด ซึ่งแต่เดิมไม่มีประจุอยู่เลย จงหาความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุ 30 ไมโครฟารัดนี้
1. 6 V
 2. 8 V
 3. 10 V
 4. 16 V

7.4 พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

เมื่อต่อความต่างศักย์ไฟฟ้าเข้ากับปลายทั้งสองของตัวเก็บประจุดังรูป พบว่าในตอนแรกตัวเก็บประจุยังไม่มีประจุ เมื่อตัวเก็บประจุ มีประจุเพิ่มขึ้นจาก ศูนย์ถึง Q ความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองตัวเก็บประจุจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากศูนย์ถึง V ดังกราฟรูป



จากงานในการเคลื่อนประจุผ่าน 2 จุด ที่มีความต่างศักย์ V ให้แก่ตัวเก็บประจุหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง V กับ Q

$$W = \text{พื้นที่ใต้กราฟ}$$

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

โดยงานในการเคลื่อนที่ให้แก่ตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ (U)

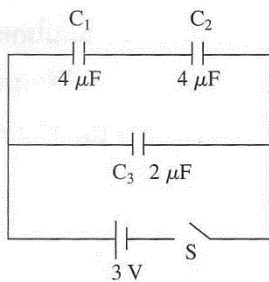
ได้ว่า

$$U = W$$

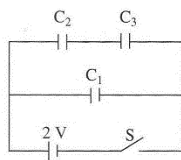
จะได้ว่า $U = \frac{1}{2} QV$ หรือ $U = \frac{1}{2} CV^2$ หรือ $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

ตัวอย่าง

1. จากรูป เมื่อก่อนเปิดวงจรตัวเก็บประจุทั้งสามยังไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในเลย เมื่อปิดวงจรและเมื่อเวลาผ่านไปนานพอสมควร พลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ C_1 มีค่าเท่าใด



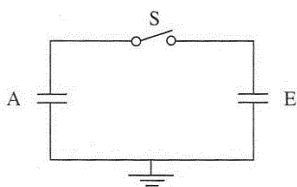
1. $4.5 \times 10^{-6} \text{ J}$
 2. $6.0 \times 10^{-6} \text{ J}$
 3. $9.0 \times 10^{-6} \text{ J}$
 4. $18.0 \times 10^{-6} \text{ J}$
2. ตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 , และ C_3 มีขนาดความจุ 1, 2 และ 3 ไมโครฟารัด ตามลำดับ ก่อนนำมาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 2 โวลต์ ดังรูป ตัวเก็บประจุทั้งสามยังไม่มีประจุอยู่ในเลย เมื่อปิดสวิตช์ S เป็น เวลานานพอที่จะทำให้อยู่ในสภาวะสมดุล พลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ C_2 จะมีขนาดเท่าใด ในหน่วยไมโครจูล



1. $0.5 \mu\text{J}$
2. $1.44 \mu\text{J}$
3. $2.7 \mu\text{J}$
4. $9.9 \mu\text{J}$

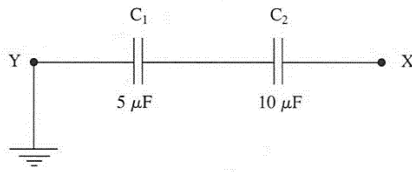
แบบฝึกหัดที่ 7

1. จากวงจรในรูป เริ่มแรกตัวเก็บประจุ A มีความต่างศักย์ 2,000 โวลต์ และ B ไม่มีประจุ เมื่อสับสวิตช์ S ลง ความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุ A จะลดลงเหลือ 1,600 โวลต์ ถ้าความจุของ A เท่ากับ 4.0×10^{-3} ไมโครฟารัด ความจุของ B มีค่าไมโครฟารัด



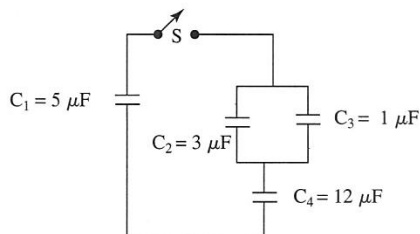
1. $5.0 \times 10^{-3} \mu\text{F}$
2. $4.0 \times 10^{-3} \mu\text{F}$
3. $2.0 \times 10^{-3} \mu\text{F}$
4. $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{F}$

2. จากรูป ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มีความจุ 5 และ 10 ไมโครฟารัด ต่ออนุกรมกัน จุด Y ต่อลงดินในขณะที่เพิ่มศักย์ไฟฟ้าที่จุด X จนกระทั่งตัวเก็บประจุ C_1 มีประจุ 30 ไมโครคูลอมบ์ อยากทราบว่า ศักย์ไฟฟ้าที่จุด X จะเป็นกี่โวลต์



1. 2 V
2. 4 V
3. 9 V
4. 18 V

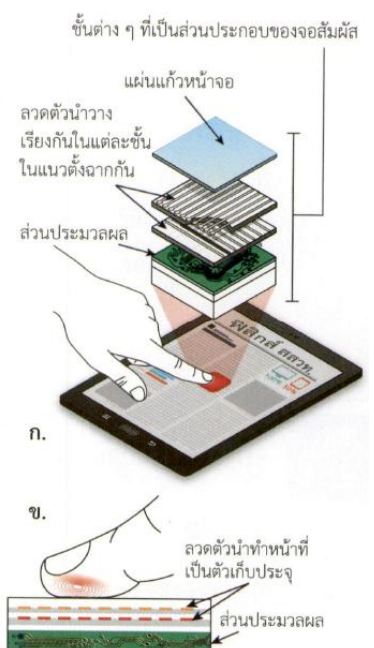
3. จากวงจรตามรูป ขณะยังไม่สับสวิตช์ S มีประจุไฟฟ้าสะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ C_1 เท่ากับ 40 ไมโครคูลอมบ์ ส่วนตัวเก็บประจุตัวอื่นๆ ไม่มีประจุสะสมอยู่ หลังจากสับสวิตช์ S ศักย์ไฟฟ้าที่คร่อม C_1 เป็น เท่าไร



1. 5.5 V
2. 21.3 V
3. 2.3 V
4. 5.0 V



ก. จอสัมผัส (touch screen) และ ข. เครื่องสแกนลายนิ้วมือ (fingerprint scanner) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่และอุปกรณ์พกพาบางรุ่นเป็นแบบใช้ตัวเก็บประจุ (capacitive touch screen และ capacitive fingerprint scanner) โดยภายใต้หน้าจอที่ทำจากแก้วหรือส่วนที่นิ้วสัมผัสกับเครื่องสแกน จะมีชั้นของลวดตัวนำเส้นเล็ก ๆ หลายเส้นวางเรียงกันในแนวตั้งฉากกันและมีฉนวนคั่นกลางเปรียบเสมือนตัวเก็บประจุแผ่นคู่ขนาน เมื่อเราใช้นิ้วสัมผัส ประจุไฟฟ้าที่นิ้วมือจะเหนี่ยวนำทำให้ประจุไฟฟ้าที่สะสมบนลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะถูกรวจวัดและประมวลผลเป็นคำสั่งโดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์



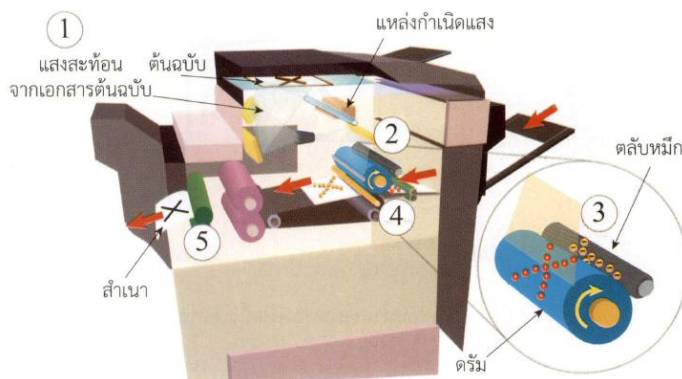
เครื่องกระตุกหัวใจด้วยไฟฟ้า (defibrillator) ใช้วินิจฉัยการเต้นผิดจังหวะของหัวใจ และสามารถส่งกระแสไฟฟ้าไปกระตุกให้หัวใจกลับมาเต้นได้ตามปกติ โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้ มาจากการคายประจุของตัวเก็บประจุที่อยู่ภายในตัวเครื่องปัจจุบัน มีการติดตั้งกล่องบรรจุเครื่องกระตุกหัวใจด้วยไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ หรือ AED (automatic external defibrillator) ในสถานที่สาธารณะต่าง ๆ เช่น สวนสาธารณะ สถานีขนส่ง ห้างสรรพสินค้า โดยผู้ที่ผ่านการฝึกฝนเบื้องต้นสามารถช่วยผู้ป่วยในกรณีฉุกเฉินในที่สาธารณะได้



การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์

1. เครื่องถ่ายเอกสารและเครื่องพิมพ์เลเซอร์

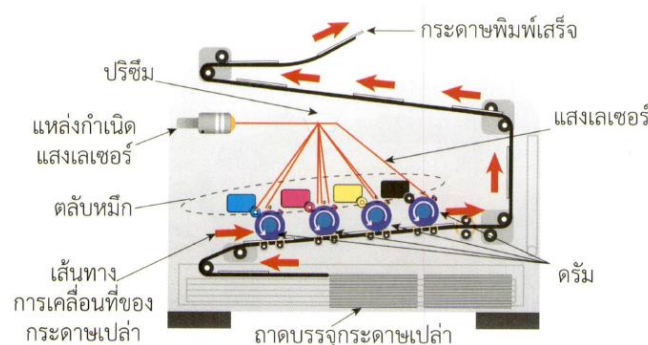
เครื่องถ่ายเอกสารและเครื่องพิมพ์เลเซอร์ใช้ประโยชน์จากแรงระหว่างประจุไฟฟ้าในการทำให้ผงหมึกยึดติดกับกระดาษ โดยอุปกรณ์สำคัญคือ **ดรัม** (drum) ที่มีรูปทรงกระบอกและที่ผิวด้านนอกฉาบด้วยวัสดุตัวนำไวแสง การทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร (photocopier) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก แสดงได้ดังรูป



1. เมื่อกดสวิตช์ให้เครื่องทำงาน แหล่งกำเนิดแสงจะฉายแสงไปทั่วเอกสารต้นฉบับขณะเดียวกัน ดรัมจะถูกทำให้มีประจุไฟฟ้าชนิดหนึ่งไปทั่วผิวของดรัม
2. แสงที่ฉายไปที่เอกสารต้นฉบับจะสะท้อนไปตกลงบนผิวของดรัม โดยบริเวณที่มีสีดำบนต้นฉบับ แสงจะสะท้อนได้น้อย ผิวของดรัมจึงมีประจุชนิดเดิมอยู่ ส่วนบริเวณที่มีสีขาวแสงจะสะท้อนมาตกกระทบได้มาก ผิวของดรัมจึงมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า

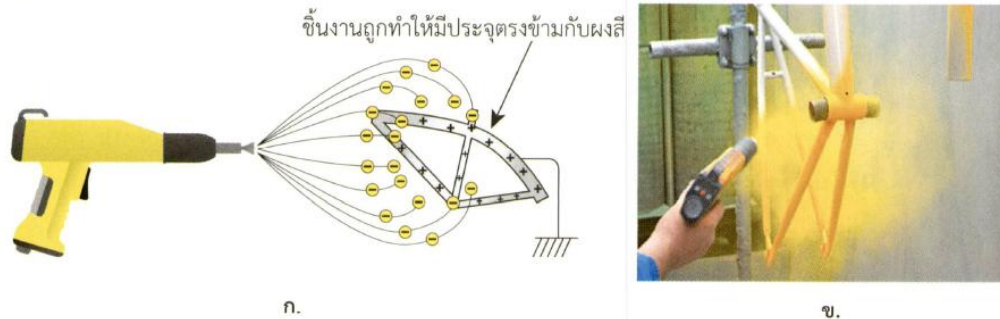
3. ดรัมจะหมุนต่อไป จนส่วนที่มีประจุไฟฟ้าไปพบกับอุปกรณ์ปล่อยผงหมึกที่มีประจุตรงข้ามอยู่ แรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างประจุตรงข้ามทำให้ผงหมึกติดกับบริเวณที่มีประจุไฟฟ้าบนดรัม ซึ่งมีรูปแบบและลวดลายเหมือนกับลายเส้นบนเอกสารต้นฉบับ
4. ดรัมจะหมุนต่อไป จนส่วนของดรัมที่มีผงหมึกติดอยู่ไปพบกับแผ่นกระดาษเปล่าที่เคลื่อนที่มาตามสายพาน โดยแผ่นกระดาษเปล่านี้นี้ ได้ถูกทำให้มีประจุชนิดเดียวกับที่อยู่บนดรัมแต่มีปริมาณมากกว่า จึงทำให้ผงหมึกที่อยู่บนดรัมถูกดึงดูดด้วยแรงไฟฟ้าที่มากกว่าให้ไปติดอยู่บนแผ่นกระดาษเปล่า
5. แผ่นกระดาษที่มีผงหมึกจะเคลื่อนที่ผ่านลูกกลิ้ง ที่ให้ความร้อนและแรงกด ทำให้ผงหมึกยึดติดกับเนื้อกระดาษได้แน่นไม่หลุดออกมาได้ง่าย

สำหรับเครื่องพิมพ์เลเซอร์สี (color laser printer) ขั้นตอนการทำงานหลักจะคล้ายกับเครื่องถ่ายเอกสาร แต่จะใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นแสงเลเซอร์ และจะฉายแสงเลเซอร์ผ่านปริซึมไปตกลงที่ผิวของดรัมดังรูป โดยดรัมที่ผ่านการฉายแสงเลเซอร์จะมีประจุไฟฟ้าในรูปแบบและลวดลายที่สอดคล้องกับไฟล์ต้นฉบับในหน้าจอคอมพิวเตอร์



2. การเคลือบสีฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต

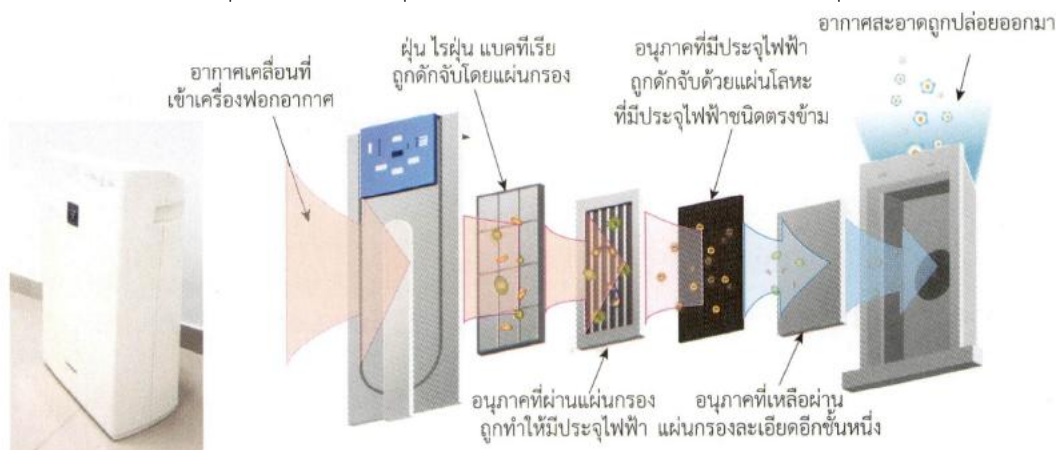
การเคลือบสีฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (electrostatic powder coating) เป็นการเคลือบสีด้วยผงหรือละอองสีที่มีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามกับที่อยู่บนชิ้นงาน เพื่อให้สีเกาะติดชิ้นงานได้ดีกว่าการพ่นแบบธรรมดา และช่วยให้ประหยัดปริมาณสีที่ใช้ในการพ่น เนื่องจากละอองสีไม่ฟุ้งกระจายมาก โดยเครื่องพ่นสีฝุ่นจะทำให้ผงหรือละอองสีกลายเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเมื่อถูกพ่นออกจากเครื่องส่วนชิ้นงานจะถูกทำให้มีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามกับผงหรือละอองสีพ่น ทำให้แรงไฟฟ้าดึงดูดผงหรือละอองสีให้ยึดกับผิวชิ้นงาน



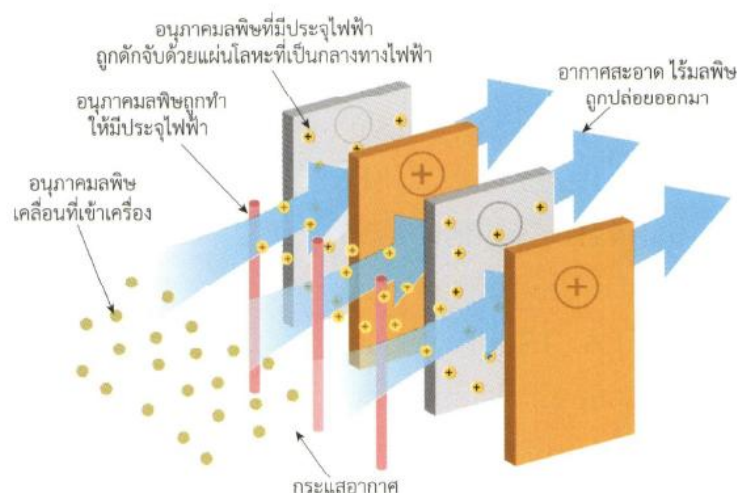
รูป 13.45 ก. เครื่องพ่นสีฝุ่นพ่นละอองสีที่มีประจุไฟฟ้าลบไปยังชิ้นงานที่มีประจุไฟฟ้าบวก ข. การพ่นสีชิ้นงานที่เป็นโลหะ

3. เครื่องฟอกอากาศ และเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต

เครื่องฟอกอากาศ (air purifier) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดฝุ่น เชื้อรา ไวรัส แบคทีเรียและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในอากาศ การทำงานของเครื่องฟอกอากาศส่วนใหญ่ ใช้หลายวิธีร่วมกัน เช่น การใช้แผ่นกรองดักจับอนุภาคฝุ่นและมลพิษ การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการกำจัดไวรัสและแบคทีเรียรวมทั้ง การทำให้อนุภาคมลพิษมีประจุไฟฟ้าเพื่อการดักจับไว้ด้วยแผ่นกรองที่มีประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้าม



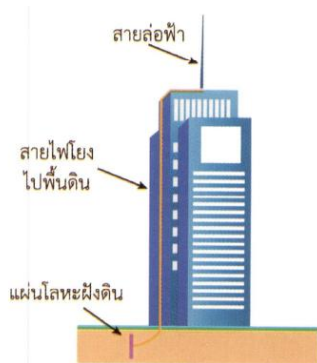
เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitator) ใช้หลักการเดียวกับเครื่องฟอกอากาศ โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมมลพิษอย่างแพร่หลายในโรงงาน อุตสาหกรรม โรงไม้หิน การทำปูนซีเมนต์ เขม่าควันจากไอเสียของเครื่องยนต์ หรือ จากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ไฟป่า เป็นต้น



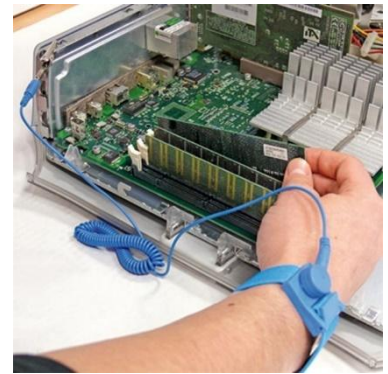
4 การอธิบายปรากฏการณ์ฟ้าผ่าและฟ้าแลบฟ้าผ่า (lightning) และฟ้าแลบ (flash) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากการเสียดสีกัน ระหว่างโมเลกุลของน้ำและอากาศที่เคลื่อนที่ในก้อนเมฆ เมื่อก้อนเมฆมีประจุไฟฟ้ามากพอจะถ่ายโอนประจุไฟฟ้าไปยังบริเวณอื่น ทำให้ประจุจำนวนมากเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงผ่านอากาศ เกิดความร้อนและแสงสว่างตามเส้นทางที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่

ถ้าเป็นการถ่ายโอนประจุระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดิน จะเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า ฟ้าผ่า

ถ้าเป็นการถ่ายโอนประจุระหว่างก้อนเมฆกับก้อนเมฆ จะเรียกว่า ฟ้าแลบ



สายล่อฟ้า (lightning rod) เป็นอุปกรณ์ ที่ใช้ป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า ซึ่งจะติดตั้งบริเวณยอดของตึกหรือสิ่งก่อสร้างที่มีความสูงกว่าบริเวณรอบ ๆ โดยจะมีสายไฟโยงจากสายล่อฟ้าไปยังพื้นดิน เมื่อมีประจุไฟฟ้าจำนวนมากในก้อนเมฆที่ลอยอยู่ใกล้ ๆ ตึกหรือสิ่งก่อสร้าง การถ่ายโอนประจุจากก้อนเมฆมายังพื้นดินจะเป็นการถ่ายโอนผ่านสายล่อฟ้า เป็นการลดประจุไฟฟ้าในบรรยากาศรอบ ๆ ทำให้ไม่เกิดฟ้าผ่าอาคารที่มีสายล่อฟ้า



5. การใช้สายรัดข้อมือของช่างอิเล็กทรอนิกส์

ในการทำงานกับชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อไฟฟ้าสถิตสูง อย่างเช่น อุปกรณ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ การถ่ายโอนประจุไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย สามารถทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์เหล่านี้ได้ จึงต้องมีการป้องกันการใช้สายรัดข้อมือที่ต่อกับพื้น เพื่อให้ประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากการเคลื่อนที่หรือเสียดสีของร่างกาย ถ่ายโอนไปที่พื้น แทนที่จะไปที่อุปกรณ์

6. การเติมน้ำมัน

ในการเติมน้ำมันยานพาหนะ บางครั้ง ผู้ขับซื้ออาจมีโอกาสได้สัมผัสกับหัวจ่ายน้ำมัน ถ้าผู้ขับซื้อใส่เสื้อผ้าที่ทำให้เกิดการสะสมประจุไฟฟ้าได้ง่ายจากการเสียดสีกับเบาะรถหรือจากวัสดุอื่น ๆ และเมื่อผู้ขับซื้อได้สัมผัสกับส่วนของหัวจ่ายน้ำมันที่เป็นโลหะ อาจทำให้มีการถ่ายโอนประจุอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นประกายไฟ ที่ทำให้ไอน้ำมันที่ระเหยออกมาลุกติดไฟและเกิดอันตรายได้ ดังนั้น ถ้าต้องมีการเติมน้ำมัน ควรระวังไม่สัมผัสกับหัวจ่ายน้ำมัน หรือ ถ้าจำเป็นต้องสัมผัสให้ถ่ายโอนประจุไฟฟ้าออกจากร่างกายให้เหลือน้อยลงก่อน โดยอาจใช้ส่วนที่เป็นโลหะของกุญแจแตะกับส่วนที่เป็นโลหะของรถบริเวณห่างจากหัวจ่ายน้ำมัน

สำหรับรถขนส่งน้ำมันที่เดินทางระยะไกล น้ำมันเชื้อเพลิงภายในถังจะมีการเสียดสีกับถังเป็นเวลานาน ทำให้มีประจุไฟฟ้าสถิตสะสมจนถึงเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถทำให้เกิดประกายไฟได้ในขั้นตอนการถ่ายเทน้ำมันจากรถไปยังที่เก็บซึ่งอาจทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ ดังนั้น ในกระบวนการถ่ายเทน้ำมันจึงต้องมีการต่อตัวนำระหว่างถังเก็บของรถขนส่งน้ำมันกับจุดต่อลงดินเพื่อให้มีการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าออกจากรถลงสู่พื้นดิน



แบบฝึกหัดท้าทาย

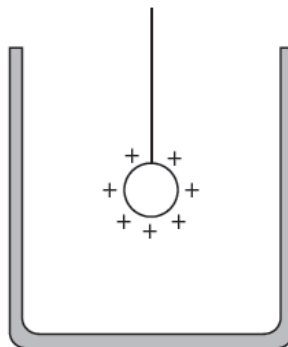
1. มีทรงกลมตัวนำ 2 ลูก ลูกหนึ่งมีรัศมี 3.0 เซนติเมตร และมีประจุ - 20 นาโนคูลอมบ์ อีกลูกหนึ่งมีรัศมี 5.0 เซนติเมตร และมีประจุ 100 นาโนคูลอมบ์ ใช้ลวดตัวนำแต่ละทีผิวทรงกลมตัวนำทั้งสองลูก จะมีการถ่ายโอนประจุจากทรงกลมหนึ่งไปยังอีกทรงกลมหนึ่ง เมื่อประจุหยุดถ่ายโอนจงหาประจุบนทรงกลมตัวนำแต่ละลูกตามลำดับ (ตอบ 30 และ 50 นาโนคูลอมบ์)

2. นำแท่งวัตถุที่มีประจุลบมาไว้ใกล้ๆ ทรงกลมตัวนำ A B C และ D ที่มีขนาดเท่ากันและเป็นกลาง ดังรูป หลังจากนั้นเลื่อนทรงกลม B และทรงกลม C มาสัมผัสกันสักครู่ แล้วยแยกทรงกลม B และทรงกลม C ออกมาไว้ที่เดิม ต่อจากนั้นนำแท่งวัตถุที่มีประจุลบออก ทรงกลมตัวนำ A B C และ D จะมีประจุชนิดใดตามลำดับ



(ตอบ กลาง บวก ลบ กลาง)

3. เมื่อหย่อนทรงกลมตัวนำที่มีประจุบวกลงไปในที่ตำแหน่งกลางของกระป๋องโลหะ ดังรูป ในขณะหนึ่ง ถ้าทรงกลมตัวนำเอียงไปแตะผนังด้านในของกระป๋องโลหะ แล้ววกกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิมประจุบนทรงกลมตัวนำและกระป๋องโลหะเป็นประจุชนิดใด

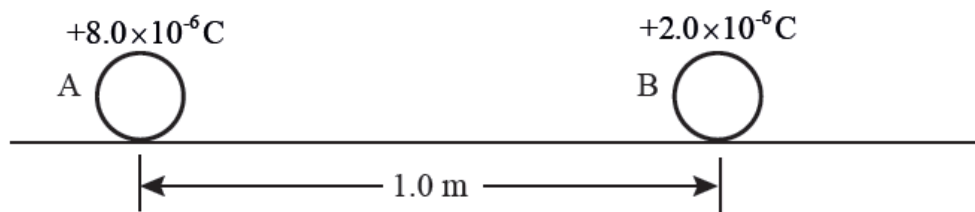


(ตอบ กระป๋องโลหะและทรงกลมตัวนำมีประจุบวก)

4. ในการเกิดฟ้าผ่าครั้งหนึ่ง มีอิเล็กตรอนถ่ายโอนจากก้อนเมฆไปยังพื้นดินจำนวน 2.50×10^{19} ตัวซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลา 160 ไมโครวินาที ถ้าประจุของอิเล็กตรอนเท่ากับ 1.60×10^{-19} คูลอมบ์ จงหาอัตราการถ่ายโอนประจุระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดิน (ตอบ 25 000 คูลอมบ์ต่อวินาที)

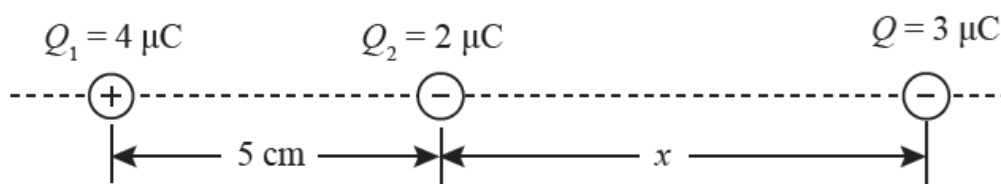
5. ลูกพิท 2 ลูกมีประจุ Q_1 และ Q_2 ตามลำดับ ถ้าลูกพิททั้งสองวางห่างกัน 20 เซนติเมตร จะเกิดแรงระหว่างลูกพิทมีขนาด F ถ้าต้องการให้แรงระหว่างลูกพิทมีขนาด $4F$ ต้องวางลูกพิทห่างกันเท่าใด (ตอบ 10 เซนติเมตร)

6. ทรงกลมตัวนำขนาดเล็ก A และ B มีประจุ $+8.0 \times 10^{-6}$ คูลอมป์ และ $+2.0 \times 10^{-6}$ คูลอมป์ตามลำดับ วางทรงกลมทั้งสองบนโต๊ะฉนวนห่างกัน 1.0 เมตร ดังรูป



ถ้าทรงกลม B มีมวล 1.0 กรัม และถูกแรงผลักรจากทรงกลม A ทำให้เคลื่อนที่ ทรงกลม B จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเริ่มต้นเท่าใด (ตอบ ทรงกลม B จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเริ่มต้น 144 เมตรต่อวินาที²)

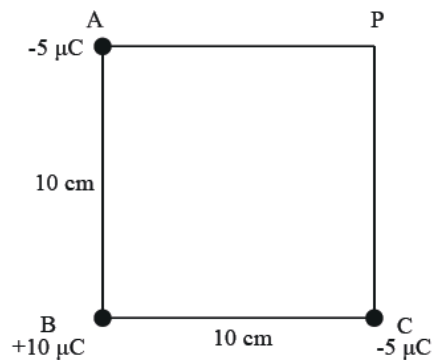
7. จุดประจุ Q_1 , Q_2 และ Q วางในแนวเส้นตรง ดังรูป จงหาค่าของ x ที่ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุ Q เป็นศูนย์ ในหน่วยเซนติเมตร



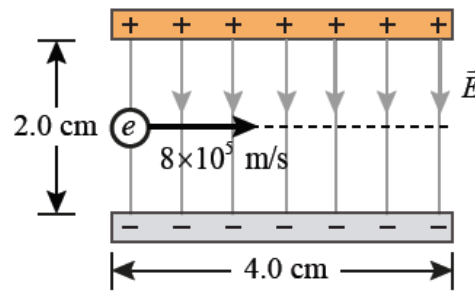
(ตอบ x เท่ากับ 12.07 เซนติเมตร)

8. จุดประจุ $+Q$ สองจุดประจุ วางบนแกน y ที่ตำแหน่ง $(0,a)$ และ $(0, -a)$ จงหาขนาดของสนามไฟฟ้าลัพท์ที่จุด P ซึ่งอยู่ตำแหน่ง $(b,0)$ ในเทอม $k Q a$ และ b พร้อมทั้งระบุทิศทางของสนามไฟฟ้าลัพท์
- (ตอบ $2k \frac{Qb}{(a^2+b^2)}$ ทิศทาง $+x$)

9. จุดประจุ $-5 +10$ และ -5 ไมโครคูลอมบ์ อยู่บนมุมทั้งสามของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาว 10 เซนติเมตร ดังรูป จงหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าลัพท์ที่จุด P (ตอบ สนามไฟฟ้าลัพท์ที่จุด P เท่ากับ 1.86×10^6 นิวตันต่อคูลอมบ์ ทิศพุ่งเข้าหาประจุ $+10$ ไมโครคูลอมบ์)

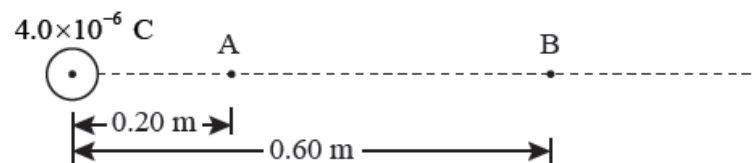


10. แผ่นตัวนำคู่ขนานยาว 4.0 เซนติเมตร วางห่างกัน 2.0 เซนติเมตร และมีประจุต่างชนิดกันกระจายอย่างสม่ำเสมอ ถ้าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 8×10^5 เมตรต่อวินาที จากจุดกึ่งกลางระหว่างแผ่นตัวนำในทิศขนานกับแผ่นตัวนำ ดังรูป



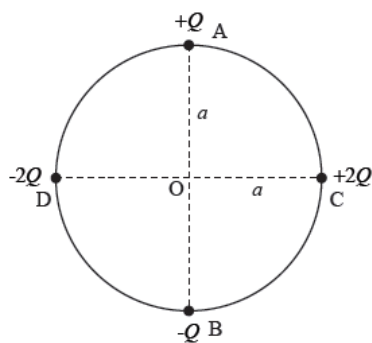
(ตอบ สนามไฟฟ้ามีขนาด 45.5 นิวตันต่อคูลอมบ์)

11. A และ B เป็นจุดที่อยู่ห่างจากศูนย์กลางของประจุ 4.0×10^{-6} คูลอมบ์ เป็นระยะ 0.20 เมตรและ 0.60 เมตร ตามลำดับ ดังรูป



ถ้าปล่อยลูกพิทมวล 0.030 มิลลิกรัม ประจุ 2.0×10^{-8} คูลอมบ์ จากจุด A เมื่อลูกพิทวิ่งผ่านจุด B จะมีอัตราเร็วเท่าใด
(ตอบ ลูกพิทวิ่งผ่านจุด B ด้วยอัตราเร็ว 4.0×10^2 เมตรต่อวินาที)

12. ประจุ $+Q$ $-Q$ $+2Q$ และ $-2Q$ อยู่บนเส้นรอบวงของวงกลมรัศมี a ที่จุด A B C และ D ตามลำดับ ดังรูป จงหางานที่ต้องทำในการนำประจุเหล่านี้ไปยังระยะอนันต์ ในเทอม k Q และ a



ตอบ $\frac{5kQ^2}{2a}$