

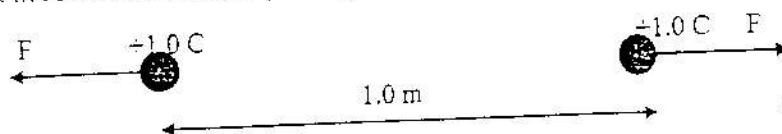
ข้อสังเกต

1. แรงจากกฎของคูลอมบ์นี้เป็นแรงคู่กิริยาตามกฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตันกล่าวคือ Q_2 ถูกกระทำด้วยแรง F ซึ่งเป็นแรงเนื่องมาจากประจุ Q_1
 Q_1 ถูกกระทำด้วยแรง F ซึ่งเป็นแรงที่เนื่องมาจากประจุ Q_2
2. สมการที่ได้นี้ใช้หาขนาดของแรงเท่านั้น ไม่ได้บอกทิศทางของแรงที่เกิดขึ้น ทิศทางของแรงพิจารณาจากชนิดของประจุที่เกิดแรงกระทำ
 ขอให้นักเรียนศึกษาการใช้สมการที่ได้จากกฎของคูลอมบ์ดังตัวอย่างต่อไป

**ให้นักเรียนตอบคำถาม ที่ 9-10

ตัวอย่างที่ 1

จงหาขนาดของแรงระหว่างประจุ $+1.0$ คูลอมบ์ 2 ประจุที่วางห่างกัน 1.0 เมตร



วิธีทำ

จากกฎของคูลอมบ์

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

$$F = (9.0 \times 10^9)(1.0)(1.0)/(1.0)^2 \quad \text{N}$$

$$F = 9.0 \times 10^9 \quad \text{N} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 2

ประจุสองประจุเมื่อวางห่างกัน 10 cm เกิดแรงผลัก 10 N เมื่อวางให้ห่างกัน 2 cm จะเกิดแรงผลักกันเท่าใด

วิธีทำ

โจทย์กำหนด $r_1 = 10$ cm, $r_2 = 2$ cm

$$F_1 = 10 \text{ N}, F_2 = ?$$

$$\text{ดังนั้น } F_1/F_2 = r_2^2/r_1^2$$

$$10/F_2 = 2^2/10^2$$

$$F_2 = 250 \text{ N}$$

ตอบ

กิจกรรม 1.3

1. จุประจุไฟฟ้า 2 จุดขนาด 2 ไมโครคูลอมบ์ และ -5 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน 10 cm จะเกิดแรงชนิดใด ขนาดเท่าใด

2. ทรงกลมโลหะเล็กๆ 2 อัน ตอนแรกเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อนำมาแตะกันแล้วนำวัตถุที่มีอำนาจไฟฟ้ามาเหนี่ยวนำ เมื่อแยกกันออกทำให้เกิดประจุต่างชนิดกัน ปรากฏว่าเมื่อนำมาวางห่างกัน 3 cm เกิดแรงกระทำต่อกันขึ้น 1×10^{-3} นิวตัน อยากทราบว่ามีการถ่ายเทอิเล็กตรอนในการเหนี่ยวนำกี่อนุภาค

(โปรดทำในแบบฝึกปฏิบัติแล้วตรวจกับแนวตอบท้ายเอกสารการสอน)

แนวตอบกิจกรรม

แนวตอบกิจกรรม 1.1

1. ประจุไฟฟ้า

อนุภาคที่มีประจุลบคืออิเล็กตรอน ส่วนอนุภาคที่มีประจุบวกคือโปรตอน

2. ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือประจุบวกและประจุลบ

3. ฉนวนเป็นสิ่งที่ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านได้อย่างง่ายๆ เช่น ไม้ แก้ว

พลาสติก

ตัวนำเป็นสิ่งที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านได้อย่างสะดวก เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก

แนวตอบกิจกรรม 1.2

1. การทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้าทำได้โดย การถู การนำมาแตะกัน และการเหนี่ยวนำ

2. 2 ชนิด คือ แรงดูดและแรงผลัก

3. ตัดสายดินก่อน

4. ต่างชนิดกัน

5. ประจุลบ

แนวตอบกิจกรรม 1.3

1. ประจุบวกและลบจะต้องมีแรงดึงดูดกัน

$$\text{จาก } F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\text{แทนค่า } F = (9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})/(10 \times 10^{-2})^2$$

$$F = 9 \text{ N เป็นแรงดึงดูดกัน ตอบ}$$

$$2. \text{ จากสมการ } F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\text{แทนค่า } 10^{-3} = (9 \times 10^9)(q)(q)/(3 \times 10^{-2})^2$$

$$q^2 = 10^{-16}$$

$$q = ne = 10^{-8} \text{ เมื่อ } n \text{ เป็นจำนวนอิเล็กตรอน และ } e \text{ เป็นประจุอิเล็กตรอน}$$

$$n = 10^{-8}/1.6 \times 10^{-19} = 6.25 \times 10^{10} \text{ ตอบ}$$

เฉลยแบบประเมินผลตนเอง

เฉลยแบบประเมินผลก่อนเรียน

1. ค 2. ง 3. ข 4. ง

5. ข 6. ข 7. ก 8. ก

9. ข 10. ง 11. ก

เฉลยแบบประเมินผลหลังเรียน

1. ค 2. ง 3. ข 4. ง

5. ข 6. ข 7. ก 8. ก

9. ข 10. ง 11. ก

แบบฝึกปฏิบัติวิชา ว.023 ฟิสิกส์

หน่วยที่ 1

เรื่องประจุไฟฟ้า และแรงระหว่างประจุไฟฟ้า

คำถาม

คำถามที่ 1

ตัวการที่ทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้าคืออะไร

คำตอบ.....

.....

คำถามที่ 2

ประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง

คำตอบ.....

.....

คำถามที่ 3

การทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้าในวัตถุอย่างง่ายทำได้โดยวิธีใดบ้าง

คำตอบ.....

.....

คำถามที่ 4

แรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง

คำตอบ.....

.....

คำถามที่ 5

อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบและบวกคืออะไร

คำตอบ.....

.....

คำถามที่ 6

ในการทำให้เกิดประจุไฟฟ้าบนตัวนำโดยวิธีการเหนี่ยวนำเราจะตัดสายดินก่อนหรือนำวัตถุ
เหนี่ยวนำออกก่อน

คำตอบ.....

คำถามที่ 7

ในการทำให้เกิดประจุไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำ บนตัวนำหนึ่งอัน ประจุที่ได้เป็นประจุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันกับประจุที่มีเหนี่ยวนำ

คำตอบ.....

คำถามที่ 8

ถ้าต้องการให้ได้ประจุบวกบนตัวนำทรงกลม เราจะต้องนำประจุชนิดใดมาเหนี่ยวนำ

คำตอบ.....

คำถามที่ 9

ฉนวนและตัวนำต่างกันอย่างไรพร้อมทั้งยกตัวอย่าง

คำตอบ.....

คำถามที่ 10

กฎของคูลอมบ์ใช้ในการหาแรงระหว่างประจุไฟฟ้า กล่าวว่อย่างไร

คำตอบ1.....

.....

(โปรดตรวจคำตอบกับเฉลยด้านหลัง)

โจทย์ปัญหา

ปัญหาที่ 1

จุดประจุไฟฟ้า 2 จุดขนาด 2 ไมโครคูลอมบ์ และ -5 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน 10 cm จะเกิดแรงชนิดใด ขนาดเท่าใด

วิธีทำ.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาที่ 2

ทรงกลมโลหะเล็กๆ 2 อัน ตอนแรกเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อนำมาแตะกันแล้วนำวัตถุที่มีอำนาจไฟฟ้ามาเสียดสีวนำ เมื่อแยกกันออกทำให้เกิดประจุต่างชนิดกัน
ปรากฏว่าเมื่อนำมาวางห่างกัน 3 cm เกิดแรงกระทำต่อกันขึ้น 1×10^{-3} นิวตัน อยากทราบว่ามีการถ่ายเทอิเล็กตรอนในการเสียดสีวนำกี่อนุภาค

วิธีทำ.....
.....
.....
.....
.....

(โปรดตรวจคำตอบกับเฉลยด้านหลัง)

เฉลยคำถาม

เฉลยคำถามที่ 1

ประจุไฟฟ้า

เฉลยคำถามที่ 2

ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือประจุบวกและประจุลบ

เฉลยคำถามที่ 3

การทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้าทำได้โดย การถู การนำมาแตะกัน และการเหนี่ยวนำ

เฉลยคำถามที่ 4

2 ชนิด คือ แรงดูดและแรงผลัก

เฉลยคำถามที่ 5

อนุภาคที่มีประจุลบ คืออิเล็กตรอน ส่วนอนุภาคที่มีประจุบวกคือโปรตอน

เฉลยคำถามที่ 6

คัดสายดินก่อน

เฉลยคำถามที่ 7

ต่างชนิดกัน

เฉลยคำถามที่ 8

ประจุลบ

เฉลยคำถามที่ 9

ฉนวนเป็นสิ่งที่ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านได้อย่างง่ายๆ เช่น ไม้ แก้ว พลาสติก

ตัวนำเป็นสิ่งที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านได้อย่างสะดวก เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก

เฉลยคำถามที่ 10

แรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของประจุทั้งสอง และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างระหว่างประจุทั้งสองยกกำลังสอง

เฉลยโจทย์ปัญหา

เฉลยโจทย์ปัญหาที่ 1

ประจุบวกและลบจะต้องมีแรงดึงดูดกัน

$$\text{จาก } F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\text{แทนค่า } F = (9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})/(10 \times 10^{-2})^2$$

$$F = 9 \text{ N เป็นแรงดึงดูดกัน คอบ}$$

เฉลยโจทย์ปัญหาที่ 2

$$\text{จากสมการ } F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\text{แทนค่า } 10^{-3} = (9 \times 10^9)(q)(q)/(3 \times 10^{-2})^2$$

$$q^2 = 10^{-16}$$

$$q = ne = 10^{-8} \text{ เมื่อ } n \text{ เป็นจำนวนอิเล็กตรอน และ } e \text{ เป็นประจุอิเล็กตรอน}$$

$$n = 10^{-8} / 1.6 \times 10^{-19} = 6.25 \times 10^{10} \text{ คอบ}$$

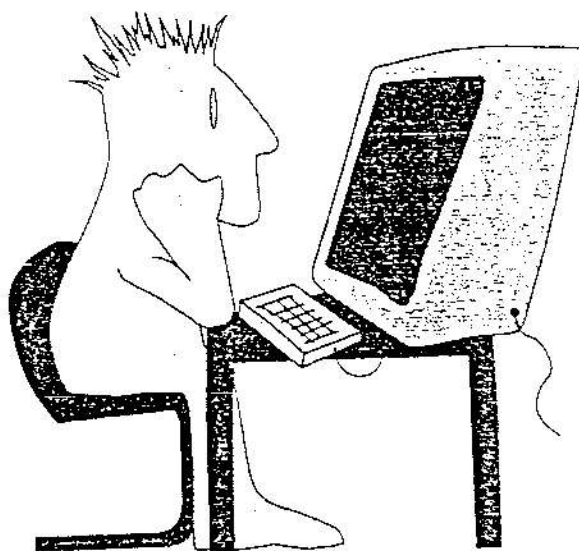
เฉลยแบบประเมินผล

ก่อนเรียนและหลังเรียน

1. ก 2. ง 3. ข 4. ง

5. ข 6. ข 7. ก 8. ก

9. ข 10. ง 11. ก



แบบประเมินผลก่อนเรียน ว 023 หน่วยที่ 1

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย x ลงใน
กระดาษคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือก

1. ข้อใดเป็นลักษณะของประจุไฟฟ้า

- ก. ประกอบด้วยประจุชนิดเดียวคือประจุบวก
- ข. ประกอบด้วยประจุชนิดเดียวคือประจุลบ
- ค. ประกอบด้วยประจุสองชนิดคือประจุบวกและประจุลบ
- ง. ประกอบด้วยประจุมากกว่าสองชนิด

2. อนุภาคที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้าคือข้อใด

- ก. โปรตอน
- ข. อิเล็กตรอน
- ค. นิวตรอน
- ง. ถูกข้อ ก และ ข

3. วัตถุที่มีอำนาจไฟฟ้าเป็นบวกหมายถึงข้อใด

- ก. วัตถุที่มีอิเล็กตรอนมากกว่าปกติ
- ข. วัตถุที่ขาดอิเล็กตรอน
- ค. วัตถุที่มีนิวตรอน
- ง. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

4. ตามกฎของคูลอมบ์แรงดึงดูดหรือผลักระหว่างประจุจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณใด

- ก. ปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งสอง
- ข. ระยะห่างระหว่างประจุ
- ค. ชนิดของประจุ
- ง. ข้อ ก และ ข ถูก

5. ตามกฎของคูลอมบ์เมื่อระยะห่างระหว่างประจุมีน้อย ขณะที่ประจุคงที่ แรงระหว่างประจุจะเป็นอย่างไร

- ก. น้อยลง
- ข. มากขึ้น
- ค. ไม่เปลี่ยนแปลง
- ง. อาจมากหรือน้อยก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของประจุ

0000000000 023 000000000 1

1 -

6. ประจุ A และ B วางห่างกันเป็นระยะ D ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด

ก. KAB/D

ข. KAB/D^2

ค. KAD/B

ง. KR^2/AB

7. ประจุไฟฟ้าบวกสองประจุวางห่างกันเป็นระยะหนึ่ง เมื่อเปลี่ยนประจุหนึ่งเป็นประจุลบโดยขนาดของประจุไฟฟ้าเท่าเดิม ขนาดของแรงที่กระทำเป็นอย่างไร

ก. เท่าเดิม

ข. มากขึ้น

ค. น้อยลง

ง. เท่ากับศูนย์

8. ถ้าอิเล็กตรอนแต่ละตัวมีประจุ -1.6×10^{-19} C เมื่อนำอิเล็กตรอนสองตัวมาวางห่างกัน 1.0 cm จะเกิดแรงกระทำต่อกันขนาดเท่าใด

ก. 2.3×10^{-24} N

ข. 3.2×10^{-24} N

ค. 4.1×10^{-24} N

ง. 5.2×10^{-24} N

9. แรงที่เกิดขึ้นในข้อ 5 มีลักษณะอย่างไร

ก. แรงดูดกัน

ข. เป็นแรงผลักกัน

ค. ไม่มีทิศทางแน่นอน

ง. เป็นแรงคู่ควบ

10. เมื่อประจุไฟฟ้า 2 ประจุคือ a กับ b วางห่างกันพบว่าเกิดแรงทางไฟฟ้ากระทำที่ประจุ a มีค่าเท่ากับ F แรงที่กระทำต่อประจุ b มีค่าเท่าใด

ก. $F/2$

ข. $F/4$

ค. $F/6$

ง. F

11. ประจุไฟฟ้าอยู่หนึ่งเมื่อวางห่างกัน 10 cm เกิดแรงกระทำ 1 นิวตัน ถ้าวางห่างกัน 5 cm จะเกิดแรงกระทำเท่าใด

ก. 0.25 N

ข. 0.5 N

ค. 2 N

ง. 4 N

□□□□□□□□ □ 023 □□□□□□□□ 1

1 -

กระดาษคำตอบสำหรับแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนหน่วยที่ 1

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

(โปรดตรวจคำตอบกับเฉลยในเอกสารการสอน)

๐๐๐๐๐๐๐๐๐ ๐ 023 ๐๐๐๐๐๐๐๐ 1

1 -

กระดาษคำตอบกิจกรรม 1.1

กระดาษคำตอบกิจกรรม 1.2

กระดาษคำตอบกิจกรรม 1.3

000000000 0 023 000000000 1

1 -

แบบประเมินผลหลังเรียน ว.023 หน่วยที่ 1

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย x ลงใน
กระดานคำตอบให้ตรงกับข้อที่นักเรียนเลือก

1. ข้อใดเป็นลักษณะของประจุไฟฟ้า

- ก. ประกอบด้วยประจุชนิดเดียวคือประจุบวก
- ข. ประกอบด้วยประจุชนิดเดียวคือประจุลบ
- ค. ประกอบด้วยประจุสองชนิดคือประจุบวกและประจุลบ
- ง. ประกอบด้วยประจุมากกว่าสองชนิด

2. อนุภาคที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดอำนาจไฟฟ้าคือข้อใด

- ก. โปรตอน
- ข. อิเล็กตรอน
- ค. นิวตรอน
- ง. ถูกข้อ ก และ ข

3. วัตถุที่มีอำนาจไฟฟ้าเป็นบวกหมายถึงข้อใด

- ก. วัตถุที่มีอิเล็กตรอนมากกว่าปกติ
- ข. วัตถุที่ขาดอิเล็กตรอน
- ค. วัตถุที่มีนิวตรอน
- ง. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

4. ตามกฎของคูลอมบ์แรงดึงดูดหรือผลักระหว่างประจุจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณใด

- ก. ปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งสอง
- ข. ระยะห่างระหว่างประจุ
- ค. ชนิดของประจุ
- ง. ข้อ ก และ ข ถูก

5. ตามกฎของคูลอมบ์เมื่อระยะห่างระหว่างประจุมีค่าน้อย ขณะที่ประจุคงที่ แรงระหว่างประจุจะ
เป็นอย่างไร

- ก. น้อยลง
- ข. มากขึ้น
- ค. ไม่เปลี่ยนแปลง
- ง. อาจมากหรือน้อยก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของประจุ

===== 023 ===== 1

1 -

6. ประจุ A และ B วางห่างกันเป็นระยะ D ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด

ก. KAB/D ข. KAB/D^2 ค. KAD/B ง. KR^2/AB

7. ประจุไฟฟ้าบวกสองประจุวางห่างกันเป็นระยะหนึ่ง เมื่อเปลี่ยนประจุหนึ่งเป็นประจุลบโดยขนาดของประจุไฟฟ้าเท่าเดิม ขนาดของแรงที่กระทำเป็นอย่างไร

ก. เท่าเดิม

ข. มากขึ้น

ค. น้อยลง

ง. เท่ากับศูนย์

8. ถ้าอิเล็กตรอนแต่ละตัวมีประจุ -1.6×10^{-19} C เมื่อนำอิเล็กตรอนสองตัวมาวางห่างกัน 1.0 cm จะเกิดแรงกระทำต่อกันขนาดเท่าใด

ก. 2.3×10^{-24} Nข. 3.2×10^{-24} Nค. 4.1×10^{-24} Nง. 5.2×10^{-24} N

9. แรงที่เกิดขึ้นในข้อ 5 มีลักษณะอย่างไร

ก. แรงดูดกัน

ข. เป็นแรงผลักดัน

ค. ไม่มีทิศทางแน่นอน

ง. เป็นแรงคู่ควบ

10. เมื่อประจุไฟฟ้า 2 ประจุคือ a กับ b วางห่างกันพบว่าเกิดแรงทางไฟฟ้ากระทำที่ประจุ a มีค่าเท่ากับ F แรงที่กระทำต่อประจุ b มีค่าเท่าใด

ก. $F/2$ ข. $F/4$ ค. $F/6$

ง. F

11. ประจุไฟฟ้าคู่หนึ่งเมื่อวางห่างกัน 10 cm เกิดแรงกระทำ 1 นิวตัน ถ้าวางห่างกัน 5 cm จะเกิดแรงกระทำเท่าใด

ก. 0.25 N

ข. 0.5 N

ค. 2 N

ง. 4 N

1 -

กระดาษคำตอบสำหรับแบบประเมินผลตนเองหลังเรียนหน่วยที่ 1

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

(โปรดตรวจคำตอบกับเฉลยในเอกสารการสอน)

เอกสารการสอน

หน่วยที่ 2

เรื่อง

สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าและความจุไฟฟ้า



จัดทำโดย

นายสุรจิตร ศรีรักษ์

อาจารย์ 2 ระดับ 7 โรงเรียนชัยภูมิชัยภูมิภักดีชุมพล

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
แผนการสอนประจำหน่วยที่ 2	157
คำแนะนำในการศึกษาด้วยตนเอง	158
สนามไฟฟ้า	159
สนามไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม	164
พลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า	166
พลังงานศักย์ไฟฟ้าในสนามสม่ำเสมอ	166
ศักย์ไฟฟ้า	166
ความต่างศักย์ไฟฟ้า	168
ศักย์ไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ	168
ศักย์ไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม	170
ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้า	172
ความจุไฟฟ้า	174
ความจุไฟฟ้าของแผ่นตัวนำคู่ขนาน	175
พลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุ	176
การต่อตัวเก็บประจุ	177
เครื่องมือที่ใช้หาค่าไฟฟ้าสถิต	180
แนวทบทวนกิจกรรม	182
เฉลยแบบประเมินผลตนเอง	185
แบบฝึกปฏิบัติ 2 023 หน่วยที่ 2	190

แผนการสอนประจำหน่วยที่ 2

วิชา ว 023 ฟิสิกส์ เรื่อง 2 สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความจุไฟฟ้า

แนวคิด

1. สนามไฟฟ้าเป็นค่าของแรงต่อหนึ่งหน่วยประจุ
2. ศักย์ไฟฟ้าเป็นค่าของพลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ
3. ความจุไฟฟ้าเป็นความสามารถในการรับประจุเพื่อให้ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง 1 โวลท์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนศึกษาหน่วยที่ 2 จบแล้วนักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้า และสนามไฟฟ้าได้

1. ให้ความหมายและอธิบายศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าได้
2. บอกลักษณะและคำนวณศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุได้
3. บอกลักษณะและคำนวณศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนคานำทรงกลมได้
4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอได้
5. อธิบายลักษณะของลวดเก็บประจุไฟฟ้าได้
6. หาค่าความจุไฟฟ้าตัวเก็บประจุแบบต่างๆได้
7. นำความรู้เกี่ยวกับประจุไฟฟ้าไปอธิบายการทำงานของเครื่องมือต่างๆได้

กิจกรรมการเรียนการสอน

ให้นักเรียนดำเนินการศึกษาเรียงตามลำดับขั้นดังนี้

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนหน่วยที่ 2
2. ศึกษาเอกสารการสอนหน่วยที่ 2
3. ทำกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายจากเอกสารการสอน
4. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียน

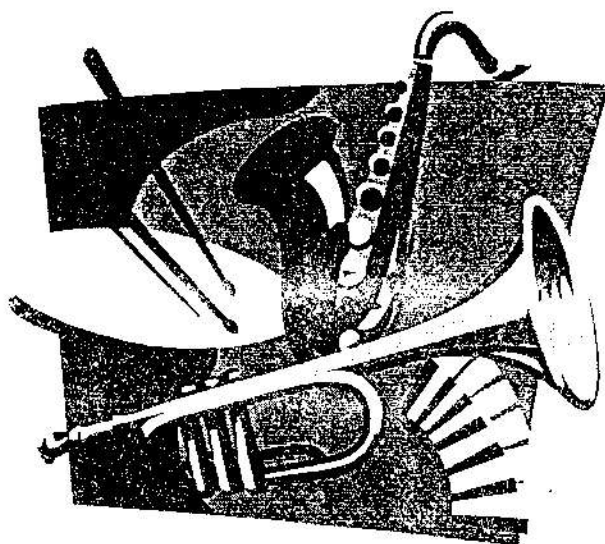
การประเมินผล

1. ประเมินจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินจากการทำกิจกรรมในแบบฝึกปฏิบัติ
3. ประเมินผลจากการสอบประจำภาคเรียน

(เมื่ออ่านแผนการสอนจบแล้ว โปรดทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน หน่วยที่ 2 ลงในแบบฝึกปฏิบัติ ก่อนที่จะศึกษาเนื้อหาในเอกสารการสอน)

คำแนะนำในการศึกษาด้วยตนเอง

1. ศึกษาแผนการสอนประจำหน่วย
2. ทำแบบประเมินผลก่อนเรียนและตรวจสอบกับคำเฉลย
3. ศึกษาเนื้อเรื่องและทำกิจกรรมลงในแบบฝึกปฏิบัติ
4. ตรวจสอบการทำกิจกรรมกับแนวการตอบที่อยู่ท้ายเอกสาร
5. ทำแบบประเมินผลหลังเรียนและตรวจสอบกับคำเฉลย



เอกสารการสอนวิชา ฟิสิกส์ ว 023

หน่วยที่ 2

เรื่อง สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความจุไฟฟ้า

สนามไฟฟ้า

เมื่อมีประจุไฟฟ้าอันหนึ่งวางไว้ บริเวณรอบประจุนี้นี้ย่อมมีอำนาจไฟฟ้า กล่าวคือถ้านำประจุไฟฟ้าอื่น ๆ เข้ามาในบริเวณนี้ย่อมมีแรงกระทำกับประจุหลักที่วางไว้ นี้ ซึ่งเป็นแรงตามกฎของคูลอมบ์ เราเรียกบริเวณนี้ว่าเป็นสนามไฟฟ้า แต่ถ้าต้องการทราบว่าสนามไฟฟ้าในแต่ละจุดมีค่าเท่าใด ก็ให้นำประจุ $+1$ C มาวางที่ตำแหน่งนั้น แรงที่กระทำต่อประจุ $+1$ C นี้ เป็นค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ต้องการ ดังนั้นความหมายของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ก็คือ แรงที่กระทำต่อประจุหนึ่งหน่วยที่ตำแหน่งนั้น

จึงได้ $E = F/q$

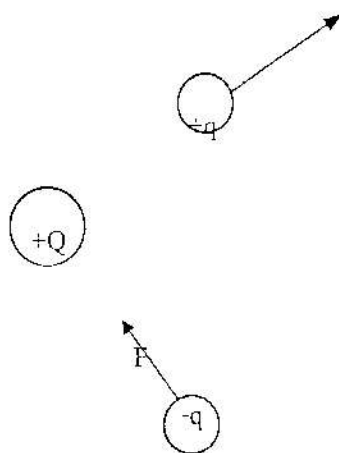
หรือ $E = F/q = KQ/r^2$

เมื่อ E เป็นความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ

F เป็นแรงที่กระทำต่อประจุ q เนื่องจากประจุ Q

กล่าวได้ว่าสนามไฟฟ้าก็คือแรงนั่นเอง เพียงแต่เป็นแรงต่อ 1 หน่วยประจุเท่านั้น

เมื่อแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ สนามไฟฟ้าจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ด้วย จากความหมายที่กำหนด สนามไฟฟ้าจึงมีหน่วยเป็น นิวตัน/คูลอมบ์ (N/C)



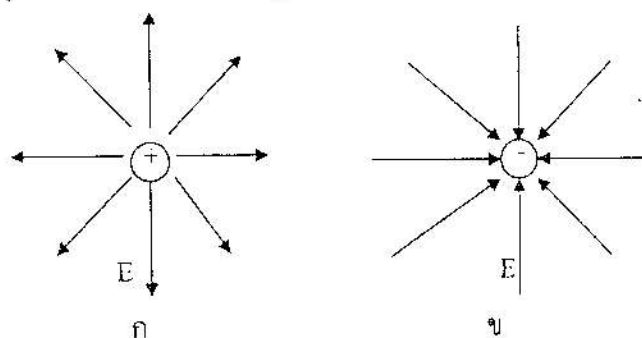
รูปที่ 2.1 แสดงประจุ $-q$ และ $+q$ อยู่ในสนามของประจุ $+Q$



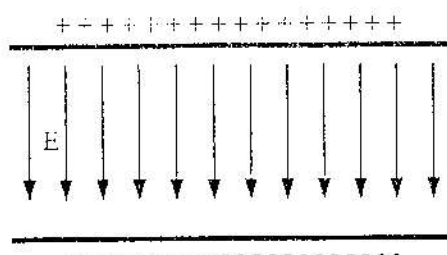
รูปที่ 2.2 แสดงสนามไฟฟ้าของประจุ $+Q$ ที่จุด A

เช่นถ้า สนามไฟฟ้าที่จุด A มีค่า $2.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ หากนำอิเล็กตรอนที่มีประจุไฟฟ้า $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ มาวางที่จุด A นี้อิเล็กตรอนจะถูกรังกระทำเท่ากับ $3.2 \times 10^{-15} \text{ N}$ เป็นต้น

การแสดงลักษณะของสนามไฟฟ้านิยมแสดงด้วยเส้นแรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นเส้นที่บอกถึงขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุ $+1 \text{ C}$ ที่จุดต่างๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้าแห่งนั้น สำหรับสนามไฟฟ้าของประจุ $+$ และ $-$ จึงมีลักษณะดังรูปที่ 2.3

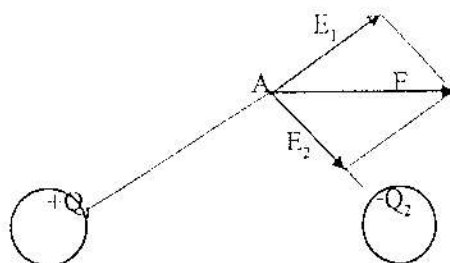


รูปที่ 2.3 ก สนามไฟฟ้าของประจุบวก ข สนามไฟฟ้าของประจุลบ
สนามไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 2.4



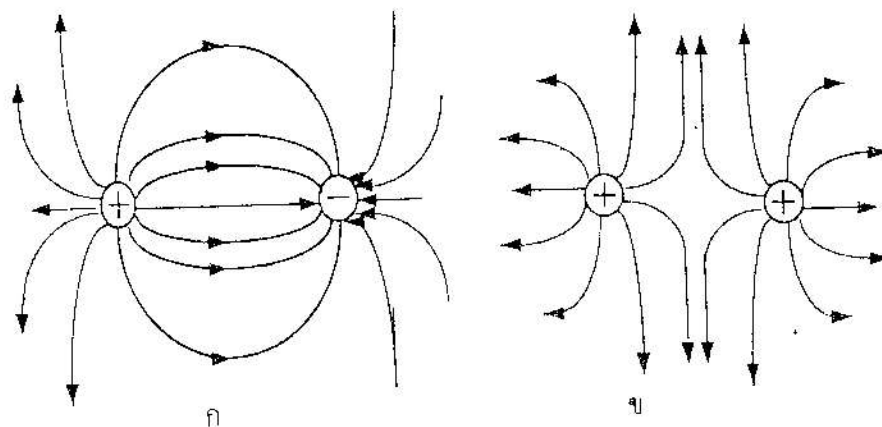
รูปที่ 2.4 สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน

เมื่อมีประจุหลักหลายประจุวางไว้ในบริเวณใกล้เคียงกัน สนามไฟฟ้าที่จุดใดๆ ในสนามแท่งนั้นก็คือผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุหลักเหล่านั้น
ดังรูปที่ 5



รูปที่ 2.5 แสดงการรวมสนามไฟฟ้าเมื่อมีสนามไฟฟ้าจากประจุหลักหลายประจุ

จากรูปที่ 2.5 เมื่อมีประจุไฟฟ้า 2 ประจุ คือ $+Q_1$ และ $-Q_2$ วางห่างกัน สนามไฟฟ้าที่จุด A ประกอบไปด้วยสนามย่อย 2 สนามคือ E_1 ซึ่งเป็นสนามเนื่องจากประจุ $+Q_1$ และ E_2 ซึ่งเป็นสนามเนื่องจากประจุ $-Q_2$ ดังนั้นสนามที่จุด A จึงเป็นการรวมสนามย่อย 2 สนามนั้นเข้าด้วยกันแบบเวกเตอร์ สนามไฟฟ้าเนื่องจากมีประจุหลายประจุวางบริเวณเดียวกันแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ก สนามไฟฟ้าของประจุต่างชนิด และ 2.6 ข สนามไฟฟ้าของประจุนิดเดียวกัน

กิจกรรม 2.1

1) บริเวณสนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าคู่หนึ่งมีจุดที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์หรือไม่ โปรดยกตัวอย่าง

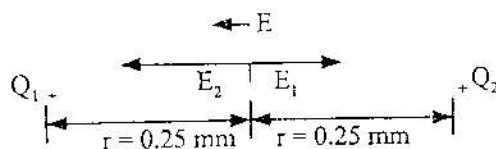
2) จงเขียนเส้นแรงไฟฟ้าแสดงสนามของประจุ $+Q$ และ $-2Q$

3) บริเวณสนามไฟฟ้าที่มีค่าสม่ำเสมอเส้นแรงไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร

(โปรดทำในแบบฝึกปฏิบัติและตรวจสอบกับแนวคอบท่ายเอกสาร)

โจทย์ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 2.1 ประจุไฟฟ้า $Q_1 = +2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ และประจุ $Q_2 = +3.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ วางห่างกัน 50 mm ดังรูป จงหาค่าสนามไฟฟ้าที่จุดกึ่งกลางของระยะระหว่างประจุทั้งสอง



วิธีทำ

ที่จุดกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง มีสนามไฟฟ้าย่อย 2 สนาม ดังนั้นจึงต้องหาสนามไฟฟ้าย่อยทั้งสอง แล้วนำมาบวกกันแบบเวกเตอร์

$$\text{จาก } E = kQ/r^2$$

$$E_1 = kQ_1/r_1^2$$

$$= (9 \times 10^9)(2.0 \times 10^{-8})/(2.5 \times 10^{-2})^2 = 2.9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

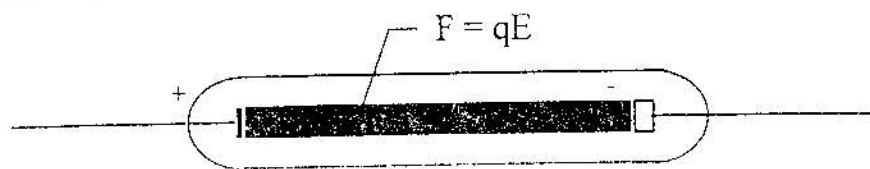
$$E_2 = kQ_2/r_2^2$$

$$= (9 \times 10^9)(3.0 \times 10^{-8})/(2.5 \times 10^{-2})^2 = 4.3 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E = E_2 - E_1 = 1.4 \times 10^5 \text{ N/C}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.2 สนามไฟฟ้าระหว่างขั้วของหลอดบรรจุก๊าซ มีค่าเท่ากับ $5.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ จงหาความเร่งของอนุภาคอิเล็กตรอนมวล $3.3 \times 10^{-26} \text{ kg}$ และมีประจุ $+e$ ที่อยู่ในหลอดนี้



วิธีทำ

e คือค่าประจอิเล็กตรอนมีค่าเท่ากับ $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าที่กระทำต่ออิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนนี้เกิดความเร่ง

$$qE = ma$$

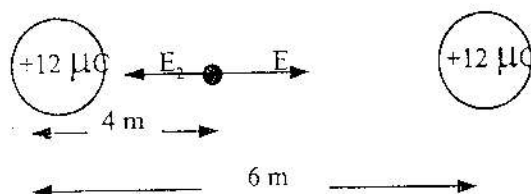
$$a = qE/m = (1.6 \times 10^{-19})(5.0 \times 10^4)/3.3 \times 10^{-26} \text{ m/s}^2$$

$$a = 2.4 \times 10^{11} \text{ m/s}^2 \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 2.3 ประจุไฟฟ้าเล็ก 2 ประจุมีขนาด 12 ไมโครคูลอมบ์ เท่ากันและเป็นประจุชนิดเดียวกัน วางห่างกัน 10 เมตร จงหาลำสนามไฟฟ้าที่จุดห่างจากประจุหนึ่งเป็นระยะทาง 4 เมตร เมื่อจุดนั้นอยู่ระหว่างประจุไฟฟ้าและอยู่นอกประจุไฟฟ้า

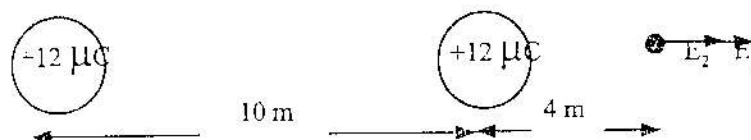
วิธีทำ

ก. เมื่อจุดที่ต้องการหาอยู่ระหว่างประจุไฟฟ้า



$$\begin{aligned}
 E &= E_1 - E_2 \\
 &= (kQ_1/r_1^2) - (kQ_2/r_2^2) = kQ[(1/r_1^2) - (1/r_2^2)] \\
 &= 9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6} [(1/4^2) - (1/6^2)] \\
 &= 3.75 \times 10^3 \quad \text{N/C} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

ข. เมื่อจุดที่ต้องการหาอยู่นอกประจุ



$$\begin{aligned}
 E &= E_1 + E_2 \\
 &= (kQ_1/r_1^2) + (kQ_2/r_2^2) = kQ[(1/r_1^2) + (1/r_2^2)] \\
 &= 9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6} [(1/4^2) + (1/14^2)] \\
 &= 7.3 \times 10^3 \quad \text{N/C} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

กิจกรรม 2.2

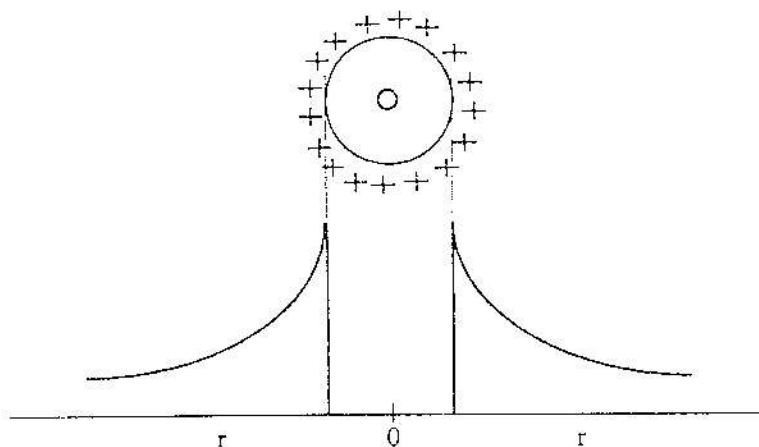
- 1) ถ้าสนามไฟฟ้าที่อยู่ห่างจากประจุไฟฟ้าเป็นระยะ r เมตร มีความเข้ม E นิวตัน/คูลอมบ์ สนามไฟฟ้าที่จุดห่างจากประจุเป็นระยะ $2r$ จะมีความเข้มเท่าใด
- 2) ลูกหิรมวล 5.0 มิลลิกรัม ลอยนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 2.5×10^4 N/C ที่มีทิศทางในแนวตั้งขึ้น จงหาชนิดและประจุที่อยู่บนลูกหิรมนี้

สนามไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม

เมื่อให้ประจุไฟฟ้าแก่ตัวนำทรงกลม ประจุจะกระจายออกตามผิวอย่างสม่ำเสมอ การคิดหาค่าของสนามไฟฟ้าที่จุดซึ่งอยู่ห่างจากทรงกลม สามารถใช้สมการ

$$E = kQ/r^2$$

โดยคิดว่าประจุเหล่านั้นไปรวมที่จุดศูนย์กลางทรงกลม ดังนั้น r จึงเป็นระยะห่างจากจุดศูนย์กลางทรงกลมถึงตำแหน่งที่ต้องการหา ส่วนสนามไฟฟ้าในตัวนำทรงกลมมีค่าเป็นศูนย์ กล่าวโดยสรุปก็คือสำหรับตัวนำทรงกลมสนามไฟฟ้ามีค่ามากที่สุดที่ผิวตัวนำทรงกลม และมีค่าเป็นศูนย์เมื่ออยู่ภายในตัวนำทรงกลม สำหรับจุดที่อยู่ห่างจากผิวทรงกลมออกไปสนามไฟฟ้ามีค่าลดลง จนมีค่าเป็นศูนย์เมื่อจุดนั้นอยู่ห่างจากทรงกลมเป็นระยะอนันต์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะห่างกับสนามไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงค่าสนามไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม

ตัวอย่างที่ 2.4 ทรงกลมกลวงมีรัศมีภายนอก 5 cm ถ้าทรงกลมนี้มีประจุไฟฟ้าอยู่ 200 ไมโครคูลอมบ์ จงหาความเข้มของสนามไฟฟ้าที่จุดต่างๆ ดังนี้

- ภายในส่วนกลวงของทรงกลม
- บนผิวในของทรงกลม
- บนผิวนอกของผิวทรงกลม
- ห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 10 cm

วิธีทำ

ประจุไฟฟ้ากระจายอยู่ที่ผิวนอกของทรงกลมเท่านั้น ดังนั้น

- ภายในส่วนกลวงของทรงกลม มีค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับศูนย์

0 ข. ผิวในทรงกลมมีค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับศูนย์

ก. จาก $E = kQ/r^2$

$$= 9 \times 10^9 \times 200 \times 10^{-6} / (5 \times 10^{-6})^2$$

$$= 7.2 \times 10^8 \text{ N/C} \quad \text{ตอบ}$$

ง. จาก $E = kQ/r^2$

$$= 9 \times 10^9 \times 200 \times 10^{-6} / (10 \times 10^{-2})^2$$

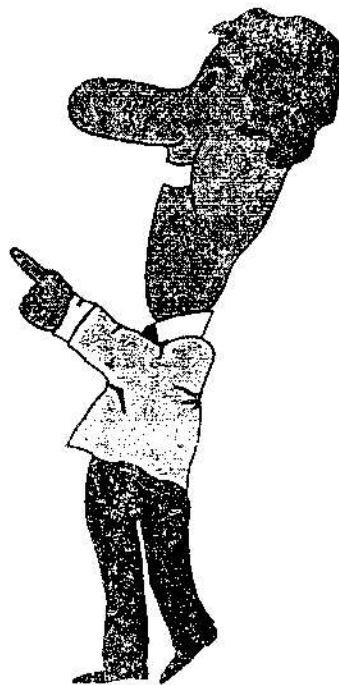
$$= 1.8 \times 10^8 \text{ N/C} \quad \text{ตอบ}$$

กิจกรรม 2.3

1) สนามไฟฟ้าที่จุดศูนย์กลางตัวนำทรงกลมมีค่าเท่าใด

2) จากรูปที่ 7 ถ้าเปลี่ยนประจุบนตัวนำทรงกลมจากบวกเป็นลบ กราฟจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่เพราะเหตุใด

(โปรดทำลงในแบบฝึกปฏิบัติ และตรวจสอบกับแนวคอบท่ายเอกสาร)

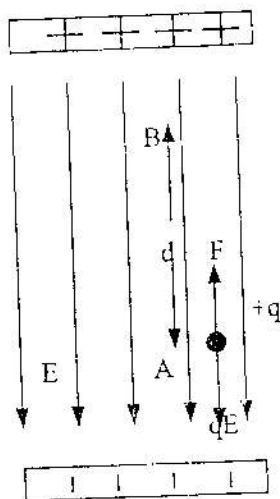


พลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า

เราเคยรู้จักพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่นมาแล้ว โดยพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นค่าของการทำงานในสนามโน้มถ่วงของโลก แล้วงานนี้สะสมอยู่ในวัตถุต่างๆ ซึ่งมีค่าตามสมการ $W = mgh$ ในสนามไฟฟ้าในการเคลื่อนประจุไฟฟ้า q จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งย่อมทำงานเช่นเดียวกัน และงานนี้สะสมเป็นพลังงานศักย์ของประจุ q นั้นเอง

พลังงานศักย์ไฟฟ้าในสนามสม่ำเสมอ

พิจารณาการเคลื่อนที่ประจุ $+q$ จากจุด A ไปยังจุด B ซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะ d ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ E ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 พลังงานศักย์ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

ประจุ q ถูกแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้ากระทำเท่ากับ qE ดังนั้นในการที่จะเคลื่อนประจุ q จาก A ไปยัง B จำเป็นต้องออกแรงเท่ากับ qE ไปตามทิศทางดังรูป

จากสมการ $W = FS \cos \theta$

หรือ $W = FS$ เมื่อ θ เท่ากับ 0 องศา คือแรงไปในแนวเดียวกันกับการกระจัด

ในการพิจารณาการทำงานในสนามไฟฟ้านี้ เมื่อ $F = qE$ และ $S = d$ จึงได้

$$E_p = qEd \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

เมื่อ E_p เป็นพลังงานศักย์ไฟฟ้า

ศักย์ไฟฟ้า

พลังงานศักย์ไฟฟ้าเป็นค่าพลังงานศักย์ของประจุ q ใดๆที่วางอยู่ในสนามไฟฟ้า

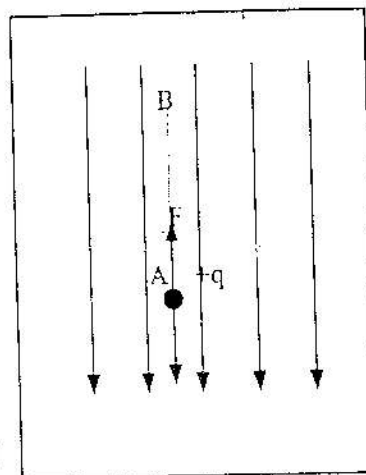
ส่วนคำว่าศักย์ไฟฟ้าเป็นค่าพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยประจุ จากความหมายนี้ ถ้าให้ V แทนศักย์ไฟฟ้า จึงได้

$$V = F_p/q$$

ศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็น จูล/คูลอมบ์ หรือเรียกว่า โวลต์ และศักย์ไฟฟ้าคือพลังงานศักย์เพียงแต่คิดต่อหนึ่งหน่วยประจุเท่านั้น ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าจึงเป็นปริมาณ สเกลาร์ เช่นเดียวกับพลังงานศักย์

พิจารณาการเคลื่อนที่ประจุ $-q$ จาก A ไปยัง B อีกครั้งหนึ่งจะเห็นว่าต้องออกแรง F เพื่อทำงาน แสดงว่าพลังงานศักย์ของประจุ $+q$ ที่จุด B สูงกว่าที่จุด A หรือกล่าวได้ว่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด B สูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่จุด A เมื่อปล่อยให้ประจุ $+q$ เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ประจุนี้จะเคลื่อนจากจุด B มายังจุด A

จึงสรุปได้ว่าประจุไฟฟ้าบวกจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ



รูปที่ 2.9 การเคลื่อนที่ประจุ

จาก A ไป B

กิจกรรม 2.4

- 1) พลังงานศักย์ไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าต่างกันอย่างไร
- 2) เมื่อปล่อยประจุ $-q$ ให้เคลื่อนที่อย่างอิสระในสนามไฟฟ้าประจุนี้จะเคลื่อนที่อย่างไร (โปรดทำในแบบฝึกปฏิบัติ)

ความต่างศักย์ไฟฟ้า

สำหรับจุดคู่ใด ๆ ในสนามไฟฟ้าเราสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดทั้งสองนั้นได้ ปริมาณศักย์ไฟฟ้าที่แตกต่างกันนี้เรียกว่า ความต่างศักย์

เช่น ให้ V_A เป็นศักย์ไฟฟ้าที่จุด A

V_B เป็นศักย์ไฟฟ้าที่จุด B

ความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ จุด B จึงเขียนได้ว่า $V_B - V_A$ ซึ่งหมายถึงงานในการเคลื่อนประจุหนึ่งหน่วยระหว่างจุดทั้งสองนั้น ซึ่งเขียนสมการได้ว่า

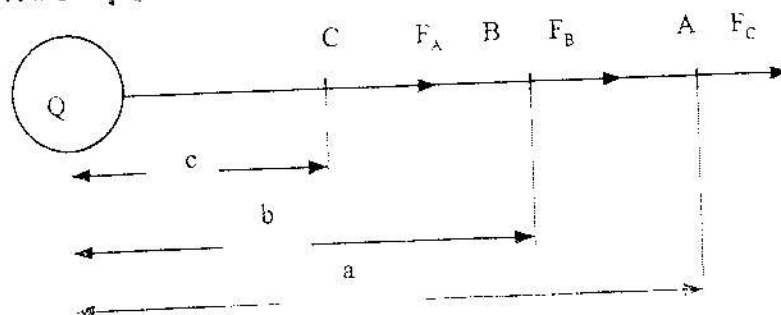
$$V_B - V_A = W/q \dots\dots\dots (2.2)$$

เช่นความต่างศักย์ระหว่างจุด A และจุด B มีค่า 6.0 โวลท์ มีความหมายว่า ในการเคลื่อนที่ประจุ + 1 คูลอมบ์ จากจุด A ที่มีศักย์ต่ำกว่าไปยังจุด B ที่มีศักย์สูงกว่าต้องทำงาน 6.0 จูล

จากสมการ (2.2) ถ้ากำหนดให้ $V_A = 0$ จะได้ $V_B - V_A = V_B$ จึงกล่าวได้ว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใดๆ คือความต่างศักย์ระหว่างตำแหน่งนั้นกับตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

ศักย์ไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ

สนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอได้แก่สนามจากจุดประจุ เมื่อเคลื่อนประจุไฟฟ้าในสนามลักษณะนี้แรงกระทำจะไม่คงที่ พิจารณาประจุ q ที่วางอยู่ในสนามของประจุ Q ที่จุด A, B และ C ซึ่งอยู่ห่างจากประจุ Q เป็นระยะ a, b และ c ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การหางานในสนามไฟฟ้าที่มีค่าไม่สม่ำเสมอ

ขณะที่ประจุ q อยู่ที่จุด A B และ C เกิดแรงกระทำ kQq/a^2 , kQq/b^2 และ kQq/c^2 ตามลำดับ โดยแรงที่จุด A มีค่าน้อยที่สุดเพราะอยู่ไกลที่สุด ส่วนแรงที่จุด C จะมากที่สุด จากสมการของงาน คือ

$$\text{งาน} = \text{แรง} \times \text{การกระจัดในแนวแรง}$$

แต่เนื่องจากแรงไม่คงที่จึงจำเป็นต้องใช้แรงเฉลี่ยแบบรากที่สองกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) เช่นเมื่อต้องการเคลื่อนประจุ q จาก จุด B ไปยังจุด A โดย

แรงที่จุด A คือ $F_A = kQq/a^2$

แรงที่จุด B คือ $F_B = kQq/b^2$

แรงเฉลี่ย $F = \frac{1}{2} F_A F_B = \frac{1}{2} (kQq/a^2)(kQq/b^2) = kQq/ab$

ดังนั้นงานในการเลื่อนประจุ q จาก A ไป B คือ

$$W = F(a - b)$$

$$= (kQq/ab)(a - b)$$

$$= kQq/b - kQq/a$$

$$W/q = kQ/b - kQ/a$$

หรือ $V_B - V_A = kQ/b - kQ/a$

นั่นคือ $V_B = kQ/b$

และ $V_A = kQ/a$

กล่าวได้ว่าศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ที่อยู่ห่างจากประจุหลักเป็นระยะ r มีค่าเท่ากับ

$$V = kQ/r$$

ถ้า a เป็นระยะที่ไกลมาก(ค่าอนันต์) ศักย์ที่ตำแหน่ง A จะมีค่าเป็นศูนย์ $V_B - V_A$ จึงเท่ากับ V_B แสดงว่าศักย์ไฟฟ้าที่จุดใดคืองานในการเลื่อนประจุ $+1$ C จากระยะอนันต์มายังตำแหน่งนั้น เช่น ศักย์ไฟฟ้าที่จุด B มีค่า 5.0 โวลต์ หมายความว่าในการเลื่อนประจุ $+1$ C จากระยะอนันต์มายังจุด B สิ้นงานไป 5.0 จูล และถ้านำประจุ $+3$ C มายังตำแหน่ง B จะสิ้นงานไปเท่ากับ 15 จูล จึงสรุปได้ว่า

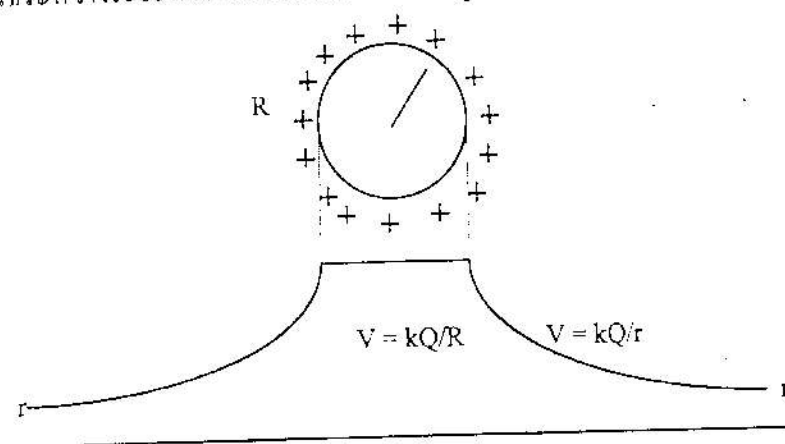
$$W = qV$$

กิจกรรม 2.5

- 1) ปลดขออนุญาตโปรตอนจากสภาพหยุดนิ่งไปตามทิศทางของสนามไฟฟ้า
พลังงานศักย์ไฟฟ้าของโปรตอนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพราะเหตุใด
- 2) พลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

ศักย์ไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม

เราทราบมาแล้วว่าเมื่อให้ประจุแก่ตัวนำทรงกลม ประจุไฟฟ้าจะกระจายอยู่ที่ผิวนอกของทรงกลมเท่านั้น สนามไฟฟ้าในทรงกลมมีค่าเป็นศูนย์ ส่วนศักย์ไฟฟ้ามีค่าไม่เป็นศูนย์ แต่มีค่าเท่ากันทั้งทรงกลม และมีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่ผิว ซึ่งผิวทรงกลมมีศักย์ไฟฟ้ามากที่สุด คือ kQ/r และศักย์ไฟฟ้าที่จุดห่างทรงกลมออกไปจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เพราะระยะทางมีค่าเพิ่มขึ้น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่าง กับศักย์ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ศักย์ไฟฟ้าของทรงกลม

กิจกรรม 2.6

ศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมแตกต่างกันอย่างไร
(โปรดตอบในแบบฝึกปฏิบัติ)

ตัวอย่างที่ 2.5 จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุดห่างจากประจุ 200 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะทาง 5.0 cm ถ้านำประจุไฟฟ้า 20 ไมโครคูลอมบ์ มาวางที่จุดนี้จะมีพลังงานเท่าใด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} V &= kQ/r \\ &= (9 \times 10^9)(200 \times 10^{-6})/(5.0 \times 10^{-2}) \\ &= 3.6 \times 10^7 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_p &= qV \\ &= 20 \times 10^{-6} \times 3.6 \times 10^7 \text{ J} = 720 \text{ J} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2.6 ทรงกลมโลหะตันมีรัศมี 5.0 cm และมีประจุ 200 ไมโครคูลอมบ์ จุด P อยู่ห่างจากผิวทรงกลมเป็นระยะ 15 cm จงหา

- ศักย์ไฟฟ้าที่จุด P
- ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของทรงกลม
- ศักย์ไฟฟ้าที่จุดใดๆภายในทรงกลม
- งานที่สิ้นเปลืองในการเคลื่อนที่ประจุ 1 ไมโครคูลอมบ์ จากจุด P ไปยังผิวทรงกลม
- ถ้าประจุ 2 ไมโครคูลอมบ์ ปล่อยไว้ที่จุด P จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเท่าใด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{ก. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด P; } V_p &= kQ/r \\ &= (9 \times 10^9)(200 \times 10^{-6})/(20 \times 10^{-2}) \\ &= 0.9 \times 10^7 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ข. ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม} \\ V &= kQ/r \\ &= (9 \times 10^9)(200 \times 10^{-6})/(5 \times 10^{-2}) \\ &= 3.6 \times 10^7 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค. ศักย์ไฟฟ้าภายในทรงกลม} &= \text{ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม} \\ &= 3.6 \times 10^7 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ง. งานในการเลื่อนประจุ } W &= q(V_i - V_f) \\ &= (9 \times 10^{-6})(3.6 - 0.9) \times 10^7 \\ &= 270 \text{ J} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จ. พลังงานศักย์ เมื่อนำประจุ 2 ไมโครคูลอมบ์ ปล่อยไว้ที่จุด P} \\ E_p &= qV \\ &= 2 \times 10^{-6} \times 0.9 \times 10^7 = 18 \text{ J} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

กิจกรรม 2.7

- 1) ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์แต่ทำไมจึงมีค่าบวกและลบได้
- 2) จงหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่จุดห่างจากประจุ -20 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 2 cm

ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้า

1. จุดใดๆภายนอกประจุ ลักษณะนี้เกิดกับประจุหลักที่เป็นจุดประจุ หรือประจุอยู่บนทรงกลม จุดใดๆในที่นี้คือจุดที่อยู่ห่างจากประจุ เป็นระยะ r

สนามไฟฟ้าที่จุดนี้หาได้จาก

$$E = kQ/r^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

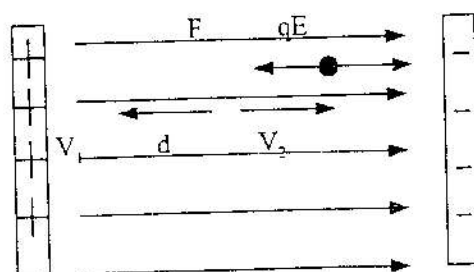
ศักย์ไฟฟ้าหาได้จาก

$$V = kQ/r \quad \dots\dots\dots(2)$$

(2)/(1) ได้ $V = Er$ หรือ $E = V/r$

เช่น สนามไฟฟ้าที่ห่างจากประจุ 5.0 cm มีค่า 4.0×10^4 N/C ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนี้มีค่าเท่ากับ $4.0 \times 10^4 \times 5.0 \times 10^{-2} = 2.0 \times 10^3$ โวลต์

2. ระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานที่สนามไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.12 ประจุไฟฟ้าในสนามสม่ำเสมอ

เมื่อสนามไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอแรงย่อมมีค่าคงที่คือ $F = qE$ เมื่อเคลื่อนที่ประจุไปเป็นระยะทาง d ต้องทำงาน W

$$W = FS = (qE)d \quad \dots\dots\dots(1)$$

ถ้าในช่วงระหว่าง d มีศักย์ไฟฟ้า V_1 และ V_2 งานที่เกิดขึ้นมีค่า

$$W = q(V_1 - V_2) \quad \dots\dots\dots(2)$$

งานทั้งสองมีค่าเท่ากัน จึงได้

$$(qE)d = q(V_1 - V_2) = q(\Delta V)$$

$$E = \Delta V/d$$

หรือได้ความสัมพันธ์ว่า สนามไฟฟ้า = ความต่างศักย์/ระยะห่างระหว่างจุดทั้งสอง

เช่น แผ่นโลหะคู่หนึ่งวางห่างกัน 5 mm และมีความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสอง 100 V

สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นโลหะคู่นี้ คือ $100/5.0 \times 10^{-3} = 2.0 \times 10^4$ V/m

กิจกรรม 2.8

- 1) ศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างไร
- 2) จงแสดงให้เห็นว่าหน่วยของสนามไฟฟ้า นิวตัน/คูลอมบ์ มีค่าเท่ากับ โวลต์/เมตร

