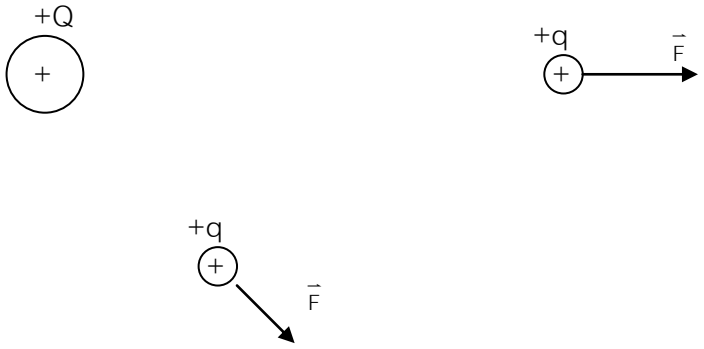
รายวิชา ฟิสิกส์ 4	ใบความรู้ 2	รหัสวิชา ว33201
ระดับชั้น ม. 6		ร.ร.เทศบาลวัดกลาง
สนามไฟฟ้า		

สนามไฟฟ้า (Electric field)

การนำประจุไฟฟ้าไปวางไว้ ณ ตำแหน่งต่างๆกันในบริเวณรอบๆอีกประจุหนึ่ง จะพบว่ามีแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุที่นำไปวางเสมอ ในกรณีเช่นนี้เรากล่าวว่ามี สนามไฟฟ้า เรียกประจุที่นำไปวางนั้นว่า ประจุทดสอบ ดังรูป 1.



รูป 1. แรง $\vec{F}$ กระทำต่อประจุทดสอบ +q

เมื่อ + q เป็นประจุทดสอบ ไปวาง ณ จุดใดๆ ในบริเวณรอบๆ ประจุ +Q แรง $\vec{F}$ ที่กระทำต่อประจุทดสอบ +q จะมีค่าแปรผันตรงกับค่าของ +q ตามกฎของคูลอมบ์ นั่นคือ แรงกระทำกับประจุที่นำไปวางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับค่าของประจุทดสอบ

ในทางกลับกัน ประจุทดสอบก็จะส่งแรงกระทำต่อประจุเจ้าของสนามที่วางอยู่เดิมด้วยขนาดแรง F นี้เช่นกัน ดังนั้น ถ้าขนาดประจุทดสอบมีค่ามาก แรงกระทำนี้ก็จะมีค่ามากด้วย ซึ่งอาจส่งผลให้การวางตัวของประจุที่ทำให้เกิดสนามเปลี่ยนไปจากเดิม นอกจากนี้ประจุทดสอบจะมีผลทำให้สนามในบริเวณรอบๆประจุเดิมมีค่าเปลี่ยนไปเพราะบริเวณรอบๆประจุทดสอบก็จะมีสนามไฟฟ้าอันเนื่องจากประจุทดสอบอยู่ด้วย

ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้ประจุทดสอบจึงควรมีขนาดเล็กมากๆ เพื่อให้มีผลกระทบต่อสนามไฟฟ้าเดิมน้อยที่สุด

ดังนั้น แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกซึ่งวาง ณ ตำแหน่งใดๆคือ สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น และเขียนด้วยสัญลักษณ์ E

$$E = \frac{\text{แรง F ที่กระทำต่อประจุทดสอบ +q}}{\text{ประจุทดสอบ +q}}$$

หรือเขียนว่า

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

สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยโยกำหนดทิศของสนามไฟฟ้าให้อยู่ในทิศเดียวกับทิศของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ ดังรูป 2

รูป 2 ทิศของสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ของประจุ +Q กับทิศของแรง $\vec{F}$ กระทำต่อประจุทดสอบ+q

นั่นคือ ขนาดและทิศของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด จะหมายถึง ขนาดและทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวกหนึ่งหน่วยซึ่งวาง ณ ตำแหน่งนั้น

ในระบบ เอสไอ (SI) แรง F มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) ประจุ q มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)

ดังนั้น สนามไฟฟ้า E มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N /C)

ตัวอย่างที่ 1 แรงไฟฟ้าทีกระทำต่อประจุทดสอบ จะเปลี่ยนไปอย่างไร เมื่อค่าประจุทดสอบ เปลี่ยนไป ณ ตำแหน่งที่สังเกตเดิม

วิธีทำ จาก $F = qE$

ดังนั้น ณ ตำแหน่งเดิม สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จะมีค่าเท่าเดิม จะได้ ขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ มีความสัมพันธ์ดังนี้

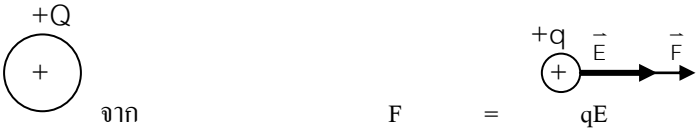
$$F \propto q$$

หมายความว่า ขนาดของแรง F แปรผันตรงกับขนาดประจุ q

ตอบ แรง F ที่กระทำต่อประจุทดสอบ q จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อ ขนาดของประจุทดสอบ q เพิ่มขึ้น

และ แรง F ที่กระทำต่อประจุทดสอบ q จะมีค่าลดลง เมื่อ ขนาดของประจุทดสอบ q ลดลง

ตัวอย่างที่ 2 จากรูป แรง F กระทำต่อประจุทดสอบ +q จะมีค่าเป็นกี่เท่าของค่าแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบที่มีค่าเป็น 3 เท่าของค่าเดิม



วิธีทำ จาก $F = qE$

ดังนั้น ณ ตำแหน่งเดิม สนามไฟฟ้า E จะมีค่าเท่าเดิม จะได้ ขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$F \propto q$$

$$\therefore \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

เมื่อ F_1 คือ แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบเดิม F_2 คือ แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบใหม่

q_1 คือ ประจุทดสอบเดิม = q q_2 คือ ประจุทดสอบใหม่ = 3q

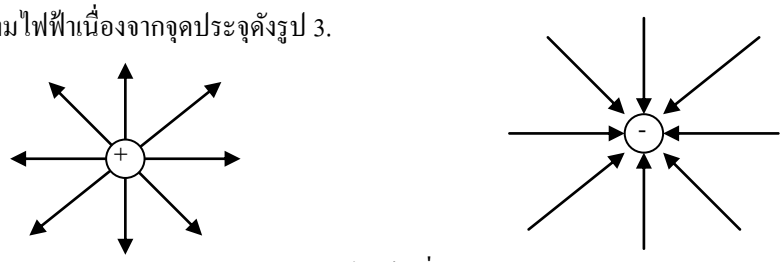
แทนค่า $\frac{F_1}{F_2} = \frac{q}{3q}$

$$F_1 = \frac{1}{3}F_2$$

ตอบ แรง F กระทำต่อประจุทดสอบ +q มีค่าเป็น หนึ่งในสาม ของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบที่มีค่าประจุเป็น 3 เท่าของประจุเดิม

สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใดๆเนื่องจากจุดประจุ

เมื่อนำจุดประจุบวกหรือลบวางอยู่ในบริเวณว่างเปล่าใดๆ รอบๆ จุดประจุบวกหรือลบนี้จะมีสนามไฟฟ้าแผ่ออกไป ซึ่งสามารถหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้า ณ จุดต่างๆรอบจุดประจุนี้ได้ โดยนำประจุทดสอบบวก (ซึ่งประจุที่คิดขึ้นมีสมบัติประจำตัวคือ ประจุทดสอบนี้จะไม่รบกวนประจุที่อยู่ข้างเคียง) วางไว้ ณ ตำแหน่งต่างๆรอบจุดประจุบวกหรือลบนั้น ทิศทางของสนามไฟฟ้า ณ จุดใดจุดหนึ่งจะอยู่ในแนวเดียวกับทิศของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้น จะได้ทิศทางของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุดังรูป 3.



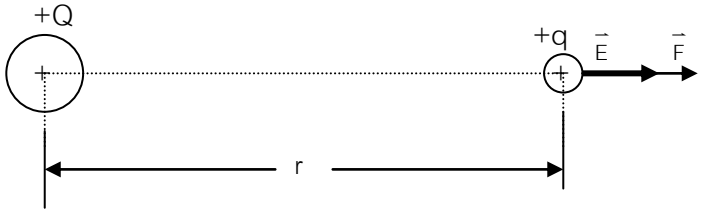
รูป 3. สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุอิสระ

จากรูป เมื่อวางประจุทดสอบบวกรอบๆ จุดประจุบวก จะเกิดแรงผลักประจุทดสอบบวกนี้มีทิศพุ่งออกจากจุดประจุบวก ดังนั้นทิศทางของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุบวกจะมีทิศทางพุ่งออกจากจุดประจุบวกทุกทิศทาง

ในทำนองกลับกันถ้าเป็นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุลบจะมีทิศทางพุ่งเข้าหาจุดประจุลบทุกทิศทาง

การหาขนาดของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

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



จากรูปจะได้ว่า $F = \frac{KQq}{r^2}$

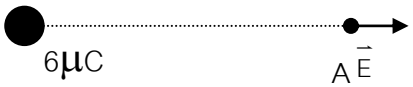
และจาก $E = \frac{F}{q}$

ดังนั้น $E = \frac{KQq}{r^2} \times \frac{1}{q}$

จะได้ว่า $E = \frac{KQ}{r^2}$

ตัวอย่างที่ 1 จงหาสนามไฟฟ้า ณ จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ 6 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 10 เซนติเมตร

วิธีทำ จาก $E = \frac{KQ}{r^2}$



แทนค่า $E = \frac{9x10^{9} x6x10^{-6}}{10^{-2}}$

$E = 5.4x10^{6}$ N/C

ตอบ สนามไฟฟ้า ณ จุด A มีค่าเท่ากับ $5.4x10^{6}$ นิวตันต่อคูลอมบ์

ตัวอย่างที่ 2 จุด P และจุด Q อยู่ห่างจากจุดประจุ q เป็นระยะ 20 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าที่จุด P สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 5 โวลต์ต่อเมตร และมีทิศชี้เข้าหาประจุแล้วสนามไฟฟ้าที่จุด Q มีค่าเท่าไร และมีทิศอย่างไร

วิธีทำ จาก $E = \frac{KQ}{r^2}$

ที่จุด P $5 = \frac{KQ}{(0.2)^2}$

$KQ = 5(0.2)^2$

ที่จุด Q $E = \frac{KQ}{(0.5)^2} = \frac{5(0.2)^2}{r^2} = 0.8$ N/C

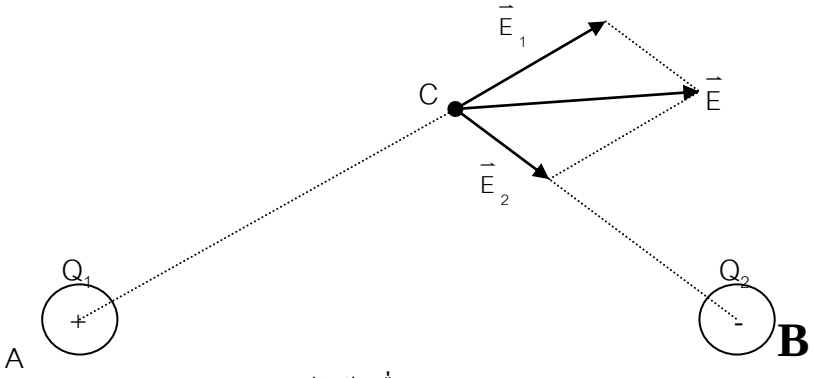
สนามไฟฟ้าที่จุด P มีทิศชี้เข้า แสดงว่าประจุ q เป็นประจุลบ

$\therefore$ สนามไฟฟ้าที่จุด Q ซึ่งมีขนาด 0.8 N/C จะมีทิศชี้เข้าหาประจุ q ด้วย

ตอบ สนามไฟฟ้าที่จุด Q ซึ่งมีขนาด 0.8 นิวตันต่อคูลอมบ์ และมีทิศชี้เข้าหาประจุ q

สนามไฟฟ้าที่เกิดจากจุดประจุหนึ่งจุดประจุและหลายจุดประจุ ชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน

ในกรณีตำแหน่งที่พิจารณามีสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุสองจุดประจุ ดังรูป 4. หรือ สนามไฟฟ้าเนื่องจากหลายประจุ ขนาดและทิศของสนามไฟฟ้าลัพธ์ $\vec{E}$ ที่ตำแหน่งนั้นก็คือ ผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุด นั่นคือ $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$



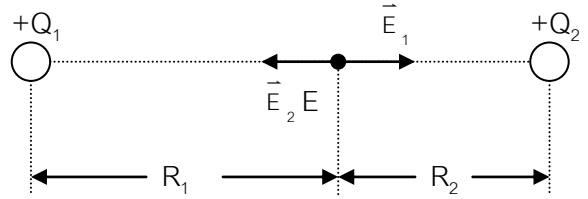
รูป 4. สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ Q_1 และ Q_2

ดังนั้น สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งหนึ่งเนื่องจาก n ประจุ จึงเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i$$

จุดสะเทิน คือ จุดที่สนามไฟฟ้าลัพธ์เป็นศูนย์

1. **ประจุชนิดเดียวกัน** จุดสะเทินจะเกิดในแนวต่อระหว่างประจุทั้งสองใกล้ประจุที่มีค่าน้อย

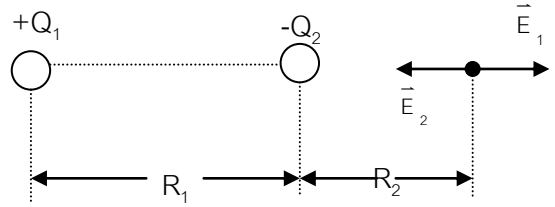


ถ้า $+Q_1 \rangle +Q_2$ จะได้จุดสะเทินอยู่ใน ใกล้ประจุ $+Q_2$ แล้วหาตำแหน่งจุดสะเทินจาก

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kQ_1}{R_1^2} = \frac{kQ_2}{R_2^2}$$

2. **ประจุต่างชนิดกัน** จุดสะเทินจะเกิดนอกแนวต่อระหว่างประจุทั้งสองใกล้ประจุที่มีค่าน้อย

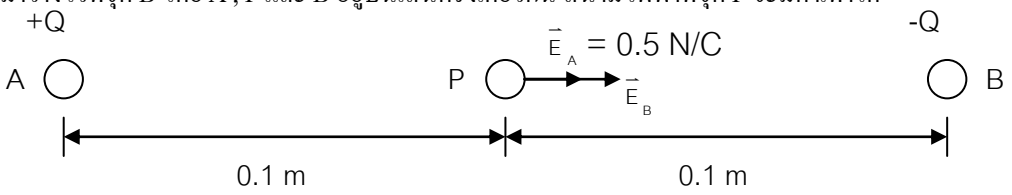


ถ้า $+Q_1 \rangle -Q_2$ จะได้จุดสะเทินอยู่นอก ใกล้ประจุ $-Q_2$ แล้วหาตำแหน่งจุดสะเทินจาก

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kQ_1}{R_1^2} = \frac{kQ_2}{R_2^2}$$

ตัวอย่างที่ 1 จากรูป เมื่อวางจุดประจุ +Q ไว้ที่จุด A ปรากฏว่าสนามไฟฟ้าที่จุด P มีค่าเท่ากับ 0.5 นิวตันต่อเมตร ถ้านำจุดประจุชนิด –Q มาวางไว้ที่จุด B โดย A , P และ B อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน สนามไฟฟ้าที่จุด P จะมีค่าเท่าใด



วิธีทำ จาก $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$

เมื่อ ประจุไฟฟ้า +Q ที่จุด A จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่จุด P มีทิศพุ่งออกจากประจุ +Q และเมื่อนำประจุ –Q มาไว้ที่ B จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่จุด P ในทิศพุ่งเข้าหาประจุ –Q ซึ่งจะเป็นทิศทางเดิมของสนามไฟฟ้าจากประจุ +Q

$\therefore E_A = 0.5$ N/C มีทิศจาก P ไป B

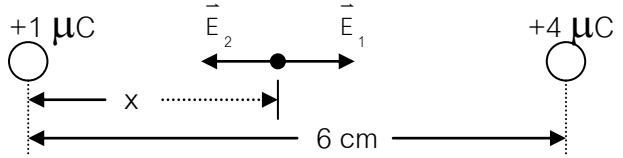
จะได้ $E_B = 0.5$ N/C มีทิศจาก P ไป B ด้วย

ดังนั้น $E = 0.5 + 0.5 = 1.0$ N/C

ตอบ สนามไฟฟ้าที่จุด P มีค่าเท่ากับ 1.0 N/C

ตัวอย่างที่ 2 จุดประจุขนาด +1 ไมโครคูลอมบ์ และ +4 ไมโครคูลอมบ์ วางไว้ห่างกันเป็นระยะ 6 เซนติเมตร ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ จะอยู่ห่างจากจุดประจุ +1 ไมโครคูลอบ์ กี่เซนติเมตร

วิธีทำ สร้างรูปและกำหนดตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ โดยถ้าประจุชนิดเดียวกัน ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์จะอยู่ระหว่างประจุทั้งสอง



จะได้ $E_1 = E_2$

$$\frac{k(1\mu C)}{(x(10^{-2}))^2} = \frac{k(4\mu C)}{((6-x)(10^{-2}))^2}$$

$$\frac{1}{x^2} = \frac{4}{(6-x)^2}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{6-x}$$

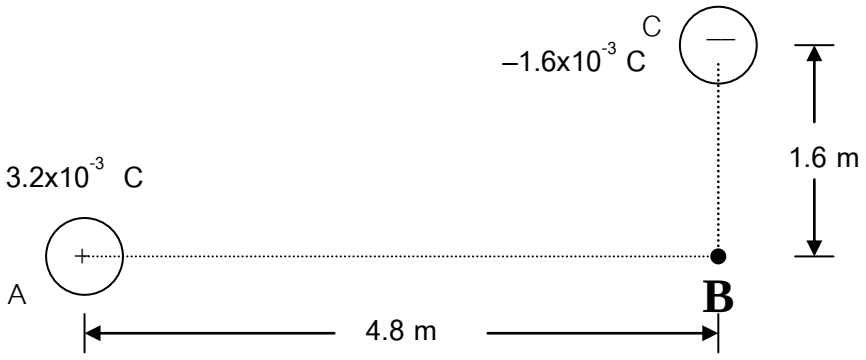
$$6 - x = 2x$$

$$2 = x$$

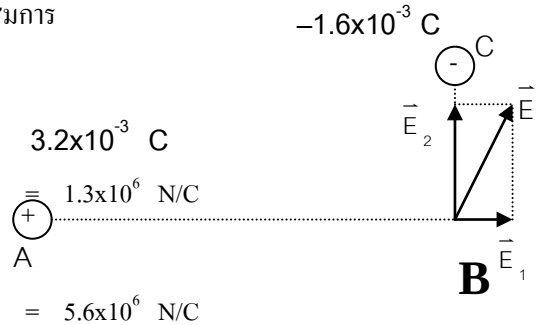
$$\therefore \quad x = 2 \text{ cm}$$

ตอบ ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์อยู่ห่างจากประจุ +1μC เป็นระยะ 2 เซนติเมตร

ตัวอย่างที่ 3 ที่ตำแหน่ง A และ C มีประจุเป็น $3.2\text{x}10^{-3}$ คูลอมบ์ และ $-1.6\text{x}10^{-3}$ คูลอมบ์ ตามลำดับ ดังรูป เมื่อระยะ AB = 4.8 เมตร BC = 1.6 เมตร จงหาขนาดและทิศของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง B



วิธีทำ ให้ E_1 และ E_2 เป็นสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง B เนื่องจากจุดประจุที่ A และ C ตามลำดับ และให้ E เป็นสนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ B เมื่อพิจารณาทิศของสนามก็จะเห็นว่า E_1 มีทิศออกจาก A ไป B เพราะเป็นสนามเนื่องจากประจุบวก ส่วน E_2 นั้นมีทิศจาก B เข้าหา C ขนาดของ E_1 และ E_2 ที่ตำแหน่ง B หาได้จากสมการ



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

ดังนั้น $E_1 = 9x10^9 \times \frac{3.2x10^{-3}}{(4.8)^2} = 1.3x10^6$ N/C

และ $E_2 = 9x10^9 \times \frac{1.6x10^{-3}}{(1.6)^2} = 5.6x10^6$ N/C

จาก $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{(1.3x10^6)^2 + (5.6x10^6)^2} = 5.7x10^6$ N/C

ทิศของสนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่ง B เทียบกับแนว AB หาได้จาก

$$\tan\theta = \frac{E_2}{E_1} = \frac{5.6x10^6}{1.3x10^6} = 4.5 \quad \Rightarrow \quad \theta = 77.5 \text{ องศา}$$

ตอบ สนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่ง B มีขนาด $5.7x10^6$ นิวตันต่อคูลอมบ์ และทำมุม 77.5 องศากับแนว AB

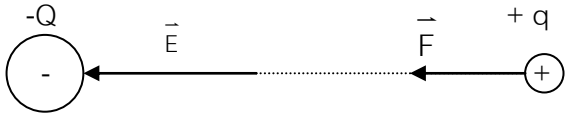
แรงกระทำต่อประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้า

ขนาดและทิศของสนามไฟฟ้าดังได้กล่าวมาแล้ว หมายถึง ขนาดและทิศของแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุบวกหนึ่งหน่วย ณ ตำแหน่งที่พิจารณา เช่น

ถ้านำประจุ +q ไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุ +Q แรงที่กระทำต่อประจุ +q หาได้จาก $F = qE$ มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า E ดังรูป 5.

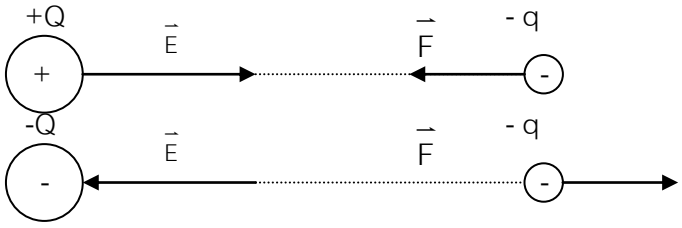
รูป 5. ทิศของแรงที่กระทำต่อประจุ +q มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า

ถ้านำประจุ +q ไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าซึ่งเกิดจากประจุ –Q แรงที่กระทำต่อประจุ + q หาได้จาก $F = qE$ มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า E เช่นเดียวกัน ดังรูป 6.



รูป 6. ทิศของแรงที่กระทำต่อประจุ +q มีทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า

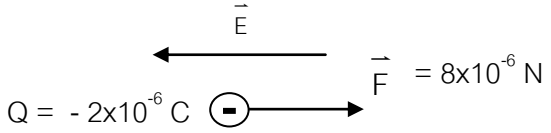
ถ้านำประจุ – q เข้าไปในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า E ทิศของแรง F ที่กระทำต่อประจุ – q จะมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของสนามไฟฟ้า ดังรูป 7.



รูป 7. ทิศของแรงที่กระทำต่อประจุ - q มีทิศตรงกันข้ามกับทิศของสนามไฟฟ้า

ตัวอย่าง เมื่อนำประจุ $-2x10^{-6}$ คูลอมบ์ เข้าไปวางไว้ ณ จุดๆหนึ่ง ปรากฏว่ามีแรง $8x10^{-6}$ นิวตัน มากระทำต่อประจุนี้ในทิศจากซ้ายไปขวา สนามไฟฟ้าตรงจุดนั้น มีค่าเท่าไร และมีทิศอย่างไร

วิธีทำ



แรงที่เกิดกับประจุลบ จะมีทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า ดังนั้นสนามไฟฟ้ามีทิศจากขวาไปซ้าย

หาขนาด จาก $F = qE$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{8x10^{-6}}{2x10^{-6}} = 4 \text{ N/C}$$

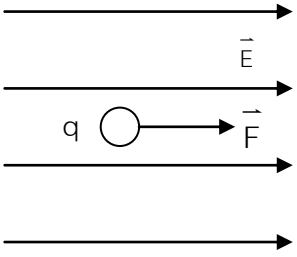
ตอบ สนามไฟฟ้าตรงจุดนั้นมีขนาดเท่ากับ 4 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศจากขวาไปซ้าย

ตัวอย่าง อนุภาคมีประจุ q มวล m ในสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จะมีความเร่งขนาดเท่าใด

วิธีทำ จาก $\vec{F} = m\vec{a}$

จะได้ $qE = ma$

$$a = \frac{qE}{m}$$



ตอบ อนุภาคนี้จะมีความเร่งเท่ากับ $\frac{qE}{m}$

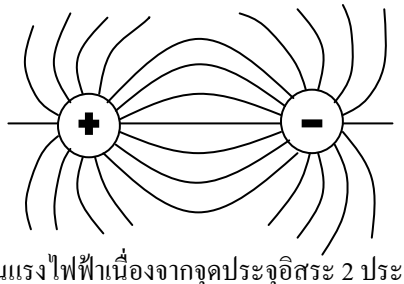
เส้นแรงไฟฟ้า (Electric line of force)

จากความรู้เรื่องสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ พบว่าสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุบวกมีทิศทางพุ่งออกจากจุดประจุบวกทุกทิศทาง และสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุลบมีทิศพุ่งเข้าหาจุดประจุลบทุกทิศทาง เส้นต่างๆที่ใช้เขียน เพื่อแสดงทิศของสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบๆจุดประจุ จะเรียกว่า เส้นแรงไฟฟ้า หรืออาจกล่าวว่าเส้นแรงไฟฟ้า ใช้แสดงทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวกที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า ดังรูป 8.

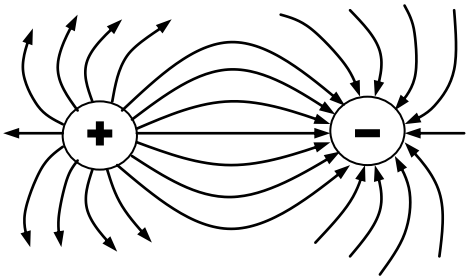
รูป 8.แสดงเส้นแรงไฟฟ้า จากจุดประจุบวกอิสระ และจุดประจุลบอิสระ

ถ้าสนามไฟฟ้าที่พิจารณาเป็นสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุมากกว่า 1จุดประจุ เส้นแรงไฟฟ้าจะเป็นเส้นแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าลัพธ์มีทิศเดียวกับทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุบวก

ตัวอย่างของเส้นแรงไฟฟ้าลักษณะต่างๆกัน ดังรูป 9., รูป 10.

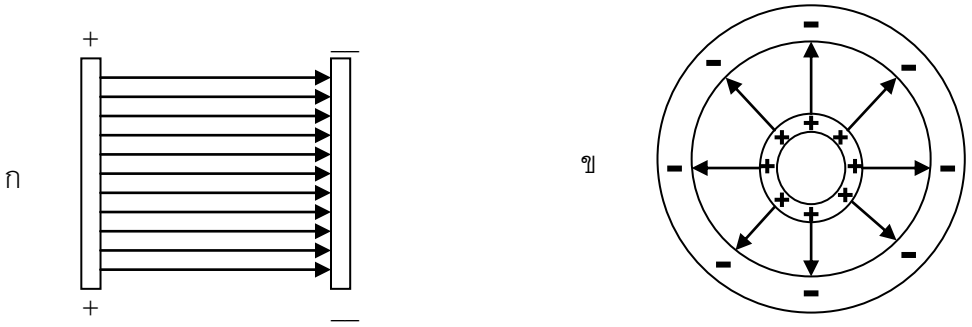


รูป 9. เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุอิสระ 2 ประจุ



รูป 10. แสดงทิศของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ

นอกจากนี้ยังมีเส้นแรงไฟฟ้าของแผ่นตัวนำขนาน และเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุต่างชนิดกันของ วงกลม ดังรูป 11.



รูป 11 ก. เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของแผ่นตัวนำขนาน

ข. เส้นแรงไฟฟ้าเนื่องจากประจุต่างชนิดกันของตัวนำวงกลมซ้อนกัน

คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า ที่ควรทราบ คือ

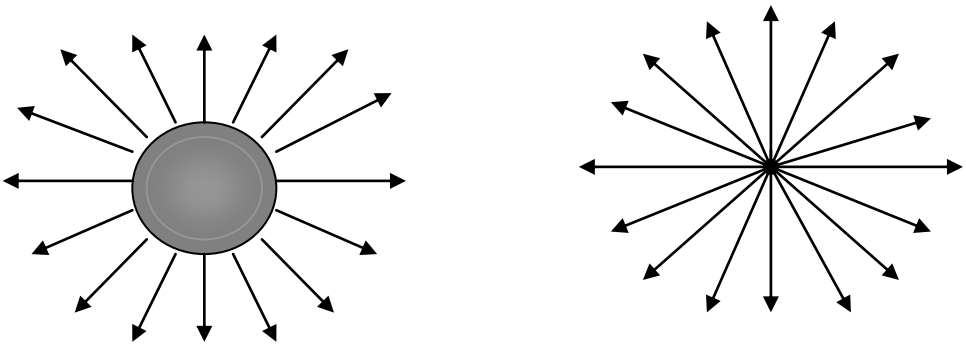
1. เส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออกจากประจุไฟฟ้าบวก และพุ่งเข้าสู่ประจุไฟฟ้าลบ
2. เส้นแรงไฟฟ้าแต่ละเส้นจะไม่ตัดกันเลย
3. เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน ไม่เสริมเป็นแนวเดียวกัน แต่จะเบนแยกออกจากกันเป็นแต่ละแนว ส่วนเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะเสริมเป็นแนวเดียวกัน
4. เส้นแรงไฟฟ้าที่พุ่งออกหรือพุ่งเข้าสู่ผิวของวัตถุย่อมตั้งฉากกับผิวของวัตถุนั้นๆเสมอ
5. เส้นแรงไฟฟ้า จะไม่พุ่งผ่านวัตถุตัวนำเลย เส้นแรงไฟฟ้าจะสิ้นสุดอยู่ที่ผิวตัวนำเท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นแรงไฟฟ้ากับสนามไฟฟ้า

1. เส้นตรงที่สัมผัสเส้นแรงไฟฟ้าตรงจุดใดๆ จะแสดงแนวของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้น
2. จำนวนเส้นแรงไฟฟ้าที่เขียนขึ้นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดจะเป็นสัดส่วนกับขนาดของ สนามไฟฟ้า หมายความว่าที่บริเวณใดก็ตามถ้าเส้นแรงไฟฟ้าอยู่ชิดกันมาก สนามไฟฟ้าก็จะมีค่ามาก ถ้าเส้นแรงไฟฟ้าอยู่ห่างกันสนามไฟฟ้าก็จะมีค่าน้อย
3. ณ บริเวณใดที่สนามไฟฟ้าห่างกันสม่ำเสมอ สนามไฟฟ้าก็จะคงที่ด้วย เช่น สนามไฟฟ้าที่เกิดจากแผ่นโลหะคู่ขนานที่มีประจุไฟฟ้า
4. สนามไฟฟ้าคงที่เส้นแรงไฟฟ้าจะมีทิศขนานกัน

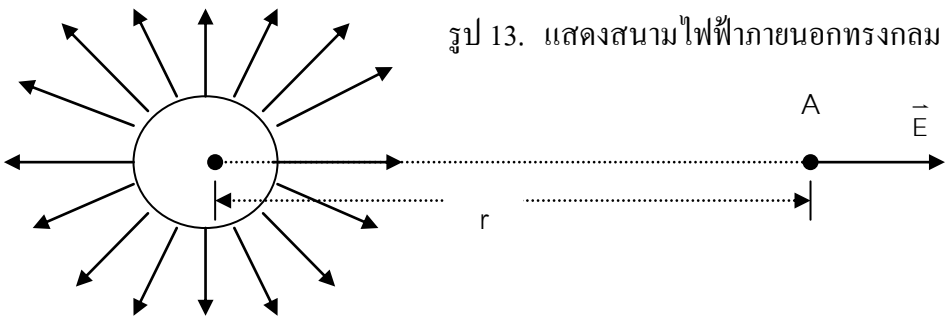
สนามไฟฟ้าบนตัวนำทรงกลม

เมื่อพิจารณาตัวนำทรงกลมกลวงหรือตันที่มีประจุไฟฟ้าอิสระ ประจุจะกระจายอยู่ที่ผิวนอกอย่างสม่ำเสมอ (ตามหลักการกระจายของประจุไฟฟ้า) ซึ่งพบว่าทรงกลมที่จะแผ่อำนาจไฟฟ้าออกไปโดยรอบ ทำให้มีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้น ดังรูป 12



รูป 12. สนามไฟฟ้า เนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมและจุดประจุ

จากรูป 12. พบว่า สนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม ภายนอกทรงกลมเหมือนกับสนามไฟฟ้า เนื่องจากจุดประจุ จึงอาจหาสนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลมได้ โดยพิจารณาจากรูป 6.



รูป 13. แสดงสนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลม

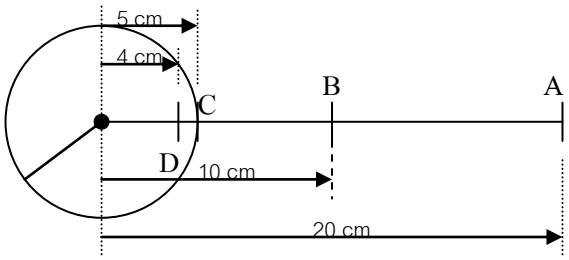
จากรูป 13. การหาสนามไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมเป็นระยะ r อาจคิดเสมือนว่าประจุ Q ทั้งหมดรวมอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม ดังนั้น การหาขนาดของสนามไฟฟ้า (E) ณ ระยะห่าง r จากจุดศูนย์กลางของทรงกลม โดยต้องมากกว่าหรือเท่ากับรัศมีของทรงกลม จะได้ว่า

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

หมายเหตุ เนื่องจากเส้นแรงไฟฟ้าตั้งฉากกับผิวของตัวนำ และไม่สามารถผ่านทะลุไปในตัวนำได้ ดังนั้นภายในตัวนำค่าความเข้มสนามไฟฟ้า (E) จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ (0) เสมอ และที่ผิวทรงกลมตัวนำจะมีค่าความเข้มสนามไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งหาได้จาก $E = \frac{KQ}{r^2}$ เมื่อ r ในที่นี้คือ รัศมีของ ทรงกลมตัวนำ

ตัวอย่าง ทรงกลมตัวนำเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร มีประจุ 1 ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 20 , 10 , 5 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ

วิธีทำ



จาก $E = \frac{KQ}{r^2}$

ที่ (r = 20 cm) $E_A = \frac{9x10^{9} \; x10^{-6}}{4x10^{-2}} = 2.25x10^{5}$ N/C

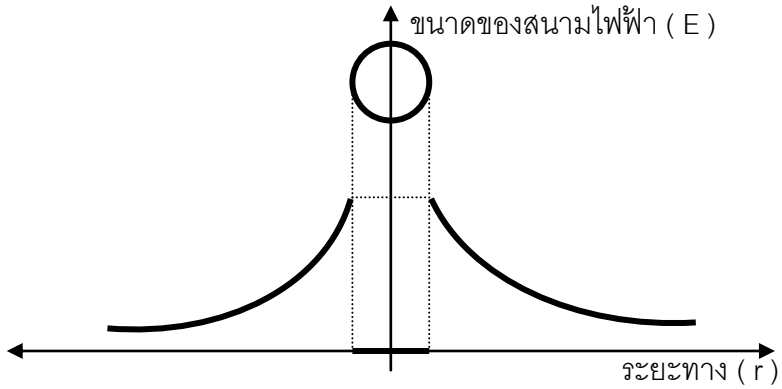
ที่ (r = 10 cm) $E_B = \frac{9x10^{9} \; x10^{-6}}{10^{-2}} = 9x10^{5}$ N/C

ที่ (r = 5 cm) $E_C = \frac{9x10^{9} \; x10^{-6}}{25x10^{-4}} = 3.6x10^{6}$ N/C

ที่ (r = 4 cm) $E_D = 0$ (∵ จุด D อยู่ภายในทรงกลม)

ตอบ ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 20, 10, 5 และ 4 เซนติเมตร มีความเข้มสนามไฟฟ้าเท่ากับ $2.25x10^{5}$, $9x10^{5}$, $3.6x10^{6}$ และ 0 นิวตันต่อคูลอมบ์ ตามลำดับ

ขนาดของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมแสดงได้ดังกราฟในรูป 14.



รูป 14. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสนามไฟฟ้า
เนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมกับระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม

จากหลักการกระจายของประจุไฟฟ้า และจากการศึกษาสนามไฟฟ้า เนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมสามารถสรุปได้ว่า

1. สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งๆ ในที่ว่างภายในตัวนำรูปทรงใดๆ มีค่าเป็นศูนย์
2. สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง ที่ติดกับผิวของตัวนำจะมีทิศตั้งฉากกับผิวเสมอ