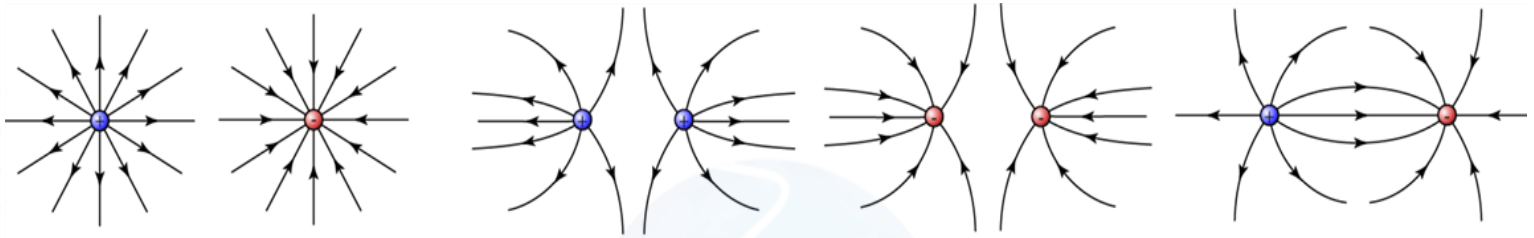
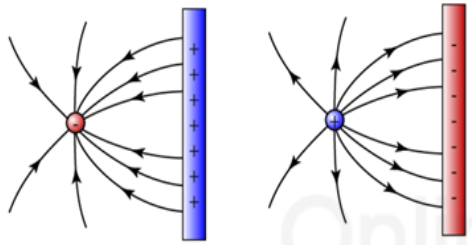
# Electric Field

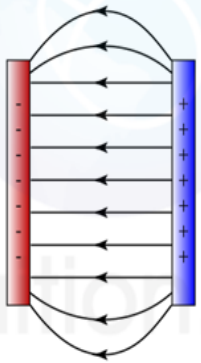


Field pattern of
a pointed electrode

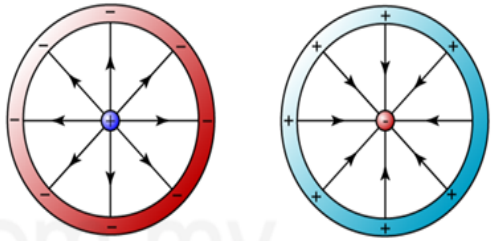
Field pattern of
two pointed electrodes



Field pattern of
a pointed electrode
and a plane electrode



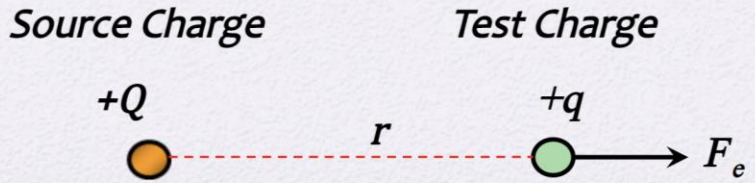
Field pattern of
two plane electrodes



Field pattern of
a pointed electrode
and a ring electrode

- Can you apply Coulomb's law to this formula and then simplify it?

$$E = \frac{F_e}{q} = ???$$



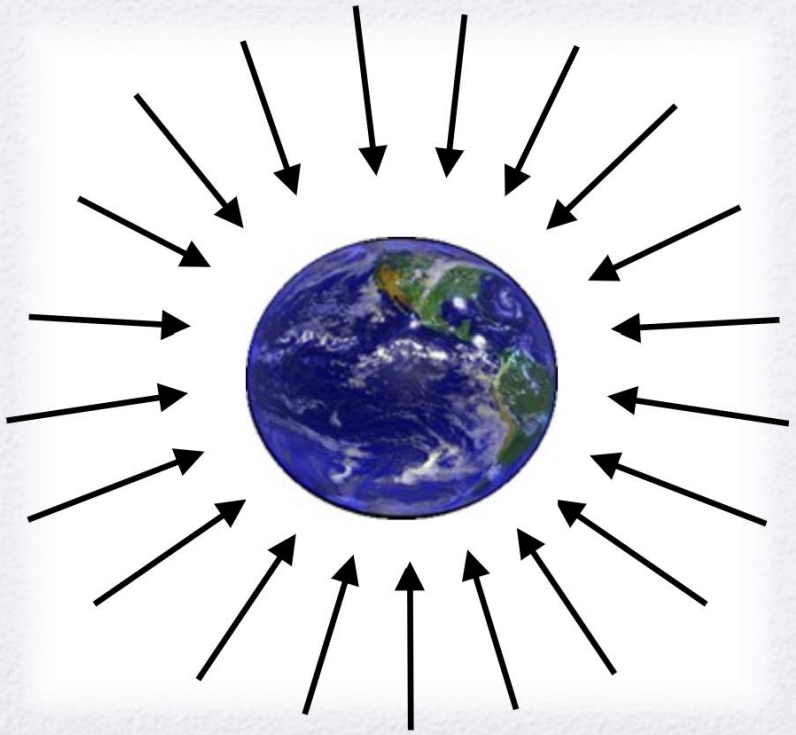

OnlineTuition.com.my

## ความหมายของสนามไฟฟ้า

### จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายสนามไฟฟ้า

- What's the definition of gravitational field?



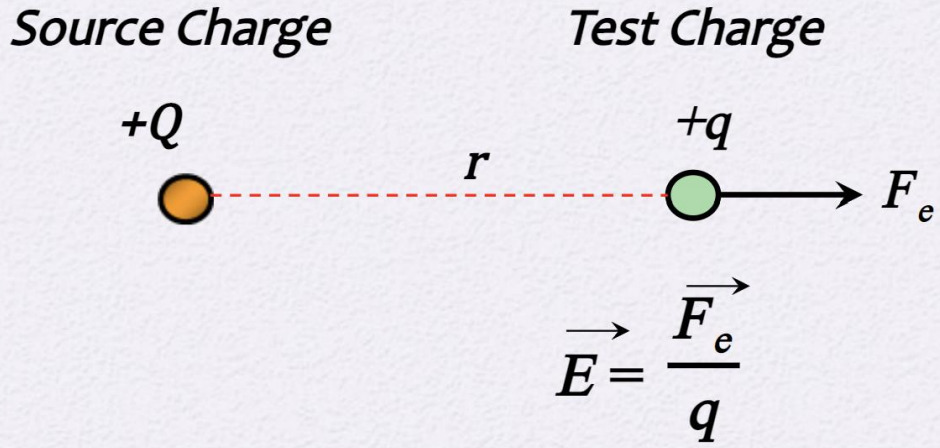
- Gravitational Field: Force per unit mass

$$g = \frac{F_g}{m}$$

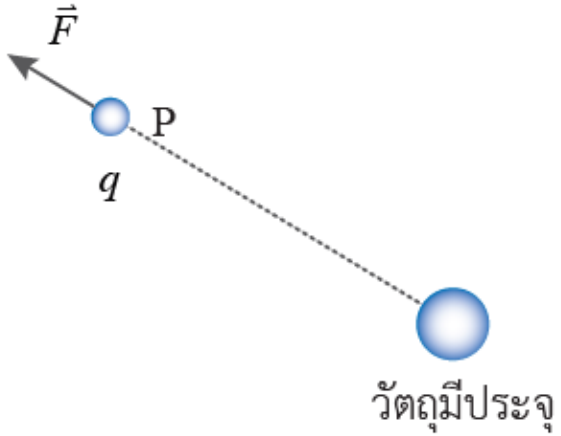
**หากเราต้องการทราบว่าบริเวณใดมีสนามโน้มถ่วง**

- นำวัตถุที่มีมวลมาทดสอบ

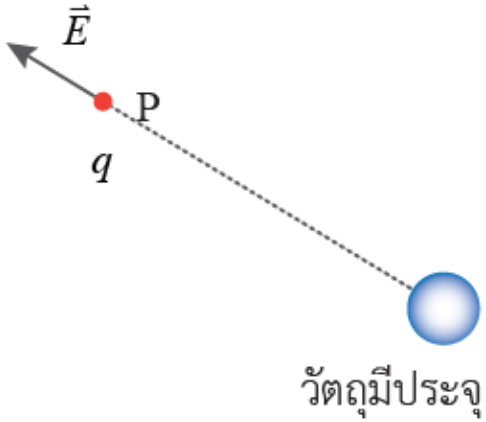
**หากมีแรงกระทำต่อวัตถุมีมวลนั้น แสดงว่าบริเวณนั้นมีสนามโน้มถ่วง**




**ไมเคิล ฟาราเดย์** นำแนวคิดเกี่ยวกับ “สนาม (field)” เพื่อแสดงว่า ประจุไฟฟ้าหนึ่งรับรู้ถึงการมีอยู่ของประจุไฟฟ้าอื่นและส่งแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุนั้นได้อย่างไร โดยเสนอว่า โดยรอบประจุไฟฟ้าหนึ่งๆ จะมีสนามไฟฟ้าที่แผ่ออกไปทั่วอวกาศ (space) เมื่อประจุไฟฟ้าอีกประจุหนึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของประจุดังกล่าวก็จะรับรู้ถึงแรงไฟฟ้าที่ประจุนั้นกระทำได้




ก.




ข.

หากต้องการแสดงว่าในบริเวณหนึ่งมีสนามไฟฟ้าหรือไม่ สามารถแสดงได้โดยนำประจุบวก $q$ เรียกว่าประจุทดสอบ (test charge) ไปวาง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ หากมีแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุทดสอบ ณ ตำแหน่งนั้น แสดงว่าตำแหน่งนั้นมี**สนามไฟฟ้า**

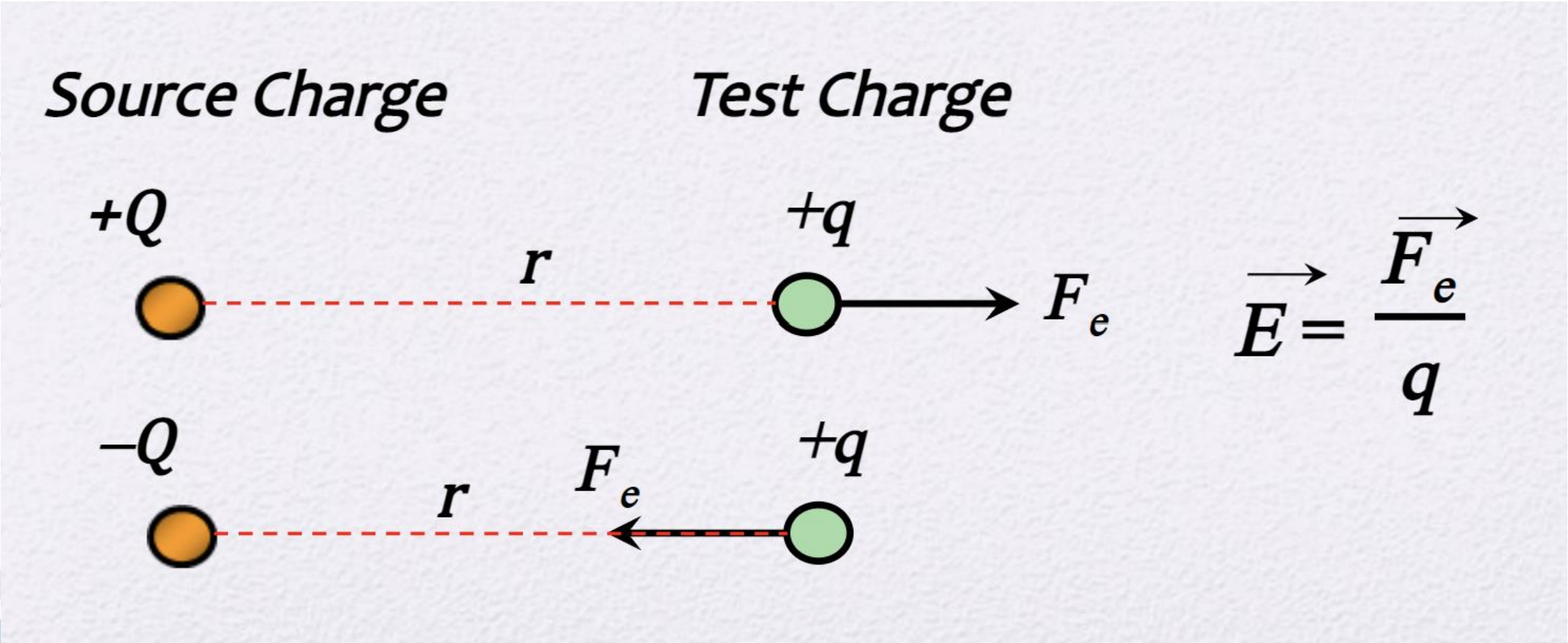
สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ที่จุด P เนื่องจากวัตถุที่มีประจุ นิยามได้เป็น

- Electric Field: Force per unit charge

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

- $F_e$: electric force (N)
- $q$: charge (C)
- $E$: electric field strength (N/C)

- ประจุทดสอบ $q$ ควรมีค่าประจุน้อยๆ หากประจุทดสอบมีค่าประจุมาก สนามไฟฟ้าจากประจุทดสอบจะไปเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าในบริเวณที่พิจารณาได้
- สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์ เช่นเดียวกับแรงไฟฟ้า มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)
- สนามไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุบวกที่ใช้ทดสอบ แต่จะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุลบเมื่อวางในสนามไฟฟ้า


Source Charge
Test Charge
+Q
r
+q
$F_e$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$
−Q
r
$F_e$
+q

**ตัวอย่าง** เมื่อนำประจุไฟฟ้าขนาด $-3\times10^{-6}$ คูลอมบ์ไปวาง ณ จุด ๆ หนึ่ง ปรากฏว่ามีแรง $9\times10^{-6}$ นิวตัน กระทำต่อประจุนี้ในทิศทาง $-x$ ขนาดสนามไฟฟ้ามีค่าเท่าใดและมีทิศทางใด

**แนวคิด** เมื่อนำประจุไฟฟ้าไปวาง ณ จุด ๆ หนึ่ง แล้วพบว่ามีแรงกระทำต่อประจุนั้น ซึ่งแรงดังกล่าวเป็นแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้า สามารถหาขนาดสนามไฟฟ้าได้จาก $E=\frac{F}{q}$ ส่วนทิศทางของสนามไฟฟ้าจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของแรงเนื่องจากประจุที่ไปวางเป็นประจุลบ

**วิธีทำ** จาก $$E = \frac{F}{q}$$

จะได้ $$E = \frac{(9.0 \times 10^{-6}\ \text{N})}{(3.0 \times 10^{-6}\,\text{C})}$$
$$= 3\ \text{N/C}$$

ประจุไฟฟ้าที่นำไปวางเป็นประจุลบ แสดงว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกับแรงกระทำต่อประจุ เนื่องจากแรงมีทิศทาง $-x$ จะได้ว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทาง $+x$

**ตอบ** สนามไฟฟ้ามีค่า 3 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทาง $+x$

## สนามไฟฟ้าของจุดประจุ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายสนามไฟฟ้าของจุดประจุ
- คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุ

แรงไฟฟ้าที่กระทำระหว่างสองจุดประจุ เกิดจากประจุไฟฟ้าหนึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของอีกประจุไฟฟ้าหนึ่งนั่นเอง เช่น ให้ประจุ $q$ เป็นประจุทดสอบที่อยู่ในสนามไฟฟ้าที่มาจากประจุ $Q$ ซึ่งเป็นประจุต้นกำเนิด (source charge) ณ ตำแหน่งห่างเป็นระยะทาง $r$

จากกฎของคูลอมบ์ $$F = \frac{kqQ}{r^2}$$

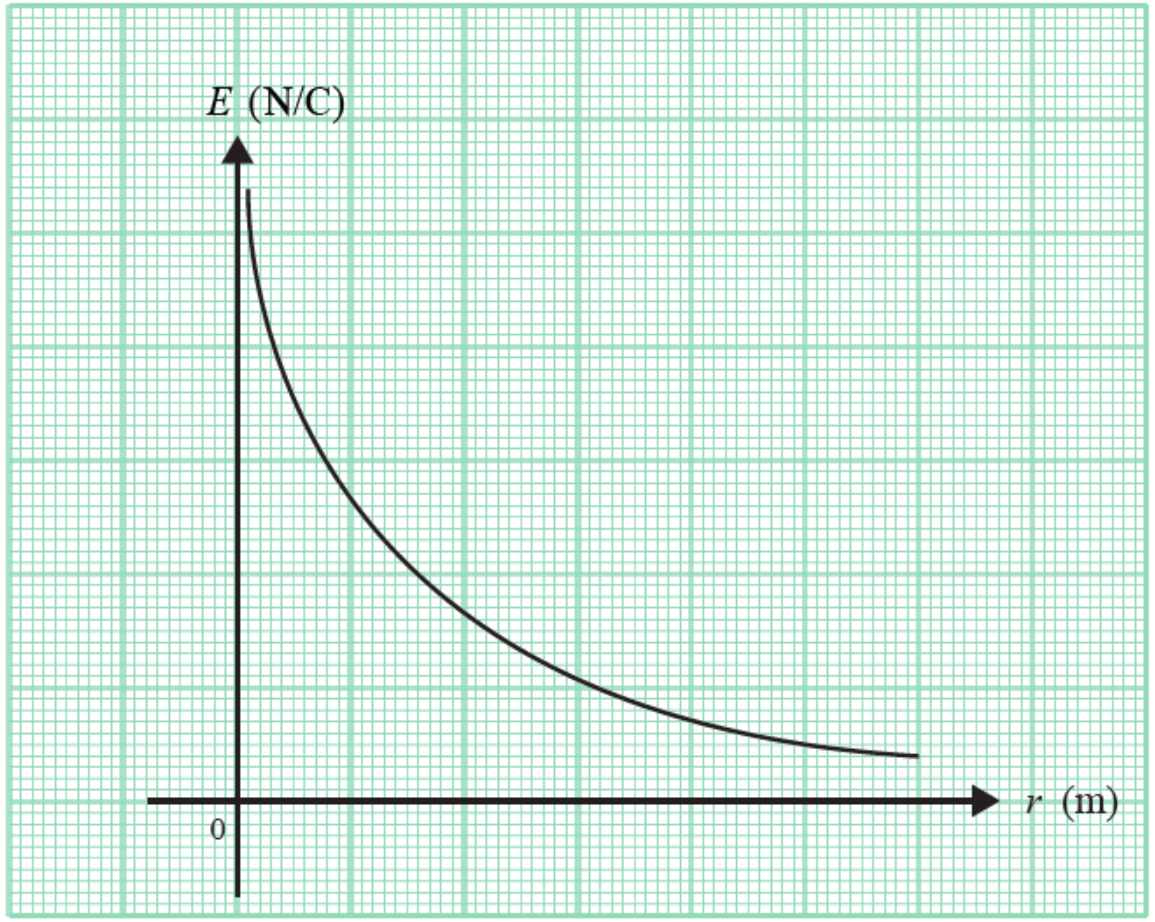
และ $$E = \frac{F}{q}$$

จะได้ว่า ขนาดของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ $Q$ ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ ที่ห่างจากประจุ $Q$ เป็นระยะทาง $r$ มีค่า

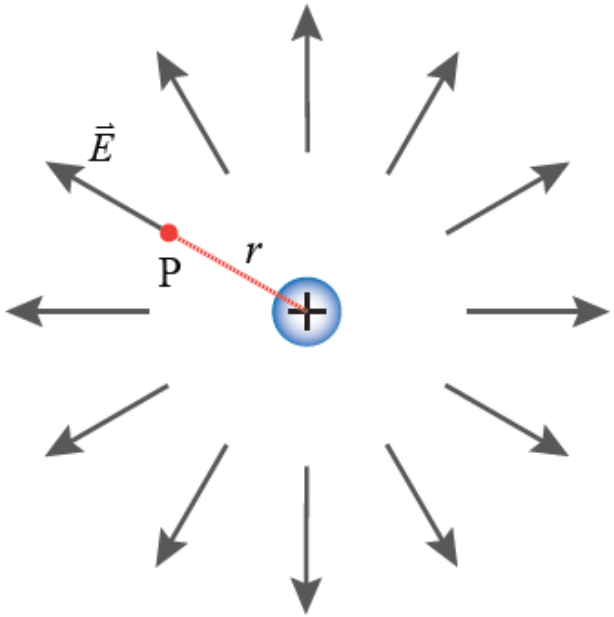
$$E = \frac{\left(\frac{kqQ}{r^2}\right)}{q}$$

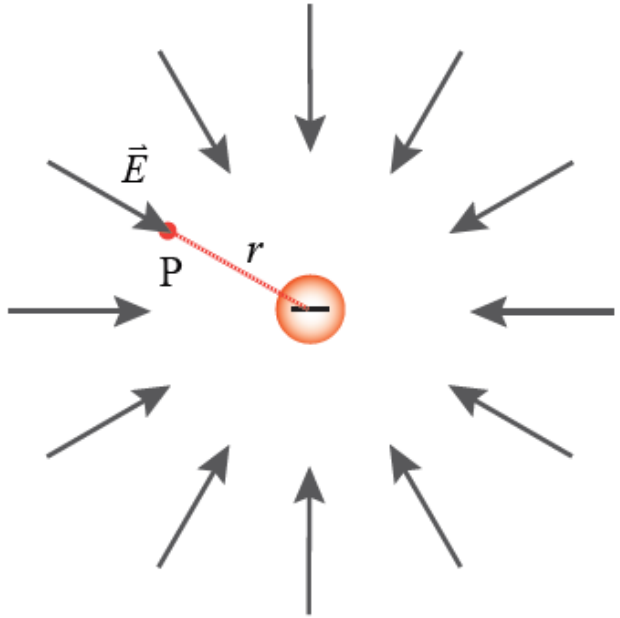
$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

จากสมการขนาดสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ $Q$ แปรผันตรงกับประจุไฟฟ้า $Q$ และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากจุดประจุ $Q$ โดยสนามไฟฟ้ามีค่ามากเมื่ออยู่ใกล้จุดประจุต้นกำเนิด และมีค่าลดลงเมื่อไกลออกไป กราฟระหว่างสนามไฟฟ้า $(E)$ กับระยะห่าง $(r)$ จากประจุต้นกำเนิดเป็นดังรูป



เนื่องจากทิศทางของสนามไฟฟ้า พิจารณาจากแรงกระทำต่อประจุบวกทดสอบ และเนื่องจากประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน ประจุชนิดตรงข้ามกันดึงดูดกัน จะสรุปได้ว่า สนามไฟฟ้ามีทิศทางออกจากประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุบวก และเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบ ดังรูป



**ตัวอย่าง** จงหาสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งห่างจากประจุไฟฟ้าขนาด $4\times10^{-6}$ คูลอมบ์ เป็นระยะ 10 เซนติเมตร

**แนวคิด** หาสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งประจุไฟฟ้าขนาด $4\times10^{-6}$ คูลอมบ์ เป็นระยะ 10 เซนติเมตร ได้จาก $F=\frac{kqQ}{r^2}$ และหาทิศทางจากชนิดของประจุต้นกำเนิด

**วิธีทำ** จาก $$E = \frac{kQ}{r^2}$$

$$= \frac{(9.0\times10^{9}\ \mathrm{Nm^2/C^2})(4\times10^{-6}\ \mathrm{C})}{(10\times10^{-2}\ \mathrm{m})^2}$$

จะได้ $$E = 3.6\times10^{6}\ \mathrm{N/C}$$

ประจุต้นกำเนิดเป็นประจุบวก แสดงว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทางออกจากประจุต้นกำเนิด

**ตอบ** สนามไฟฟ้ามีขนาด $3.6\times10^{6}$ นิวตันต่อคูลอมบ์ และมีทิศทางออกจากประจุ

## สนามไฟฟ้าของระบบประจุ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

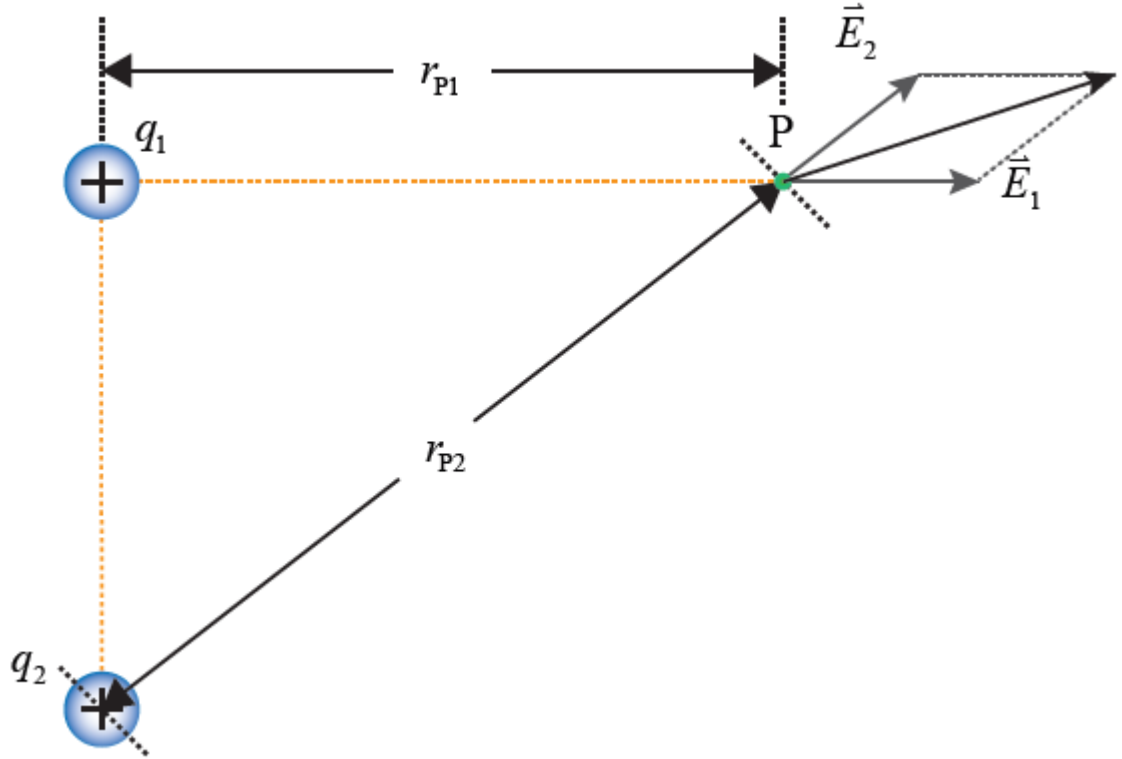
- อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าลัพธ์ของระบบจุดประจุ

สำหรับระบบประจุ $N$ ประจุ สนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละประจุ

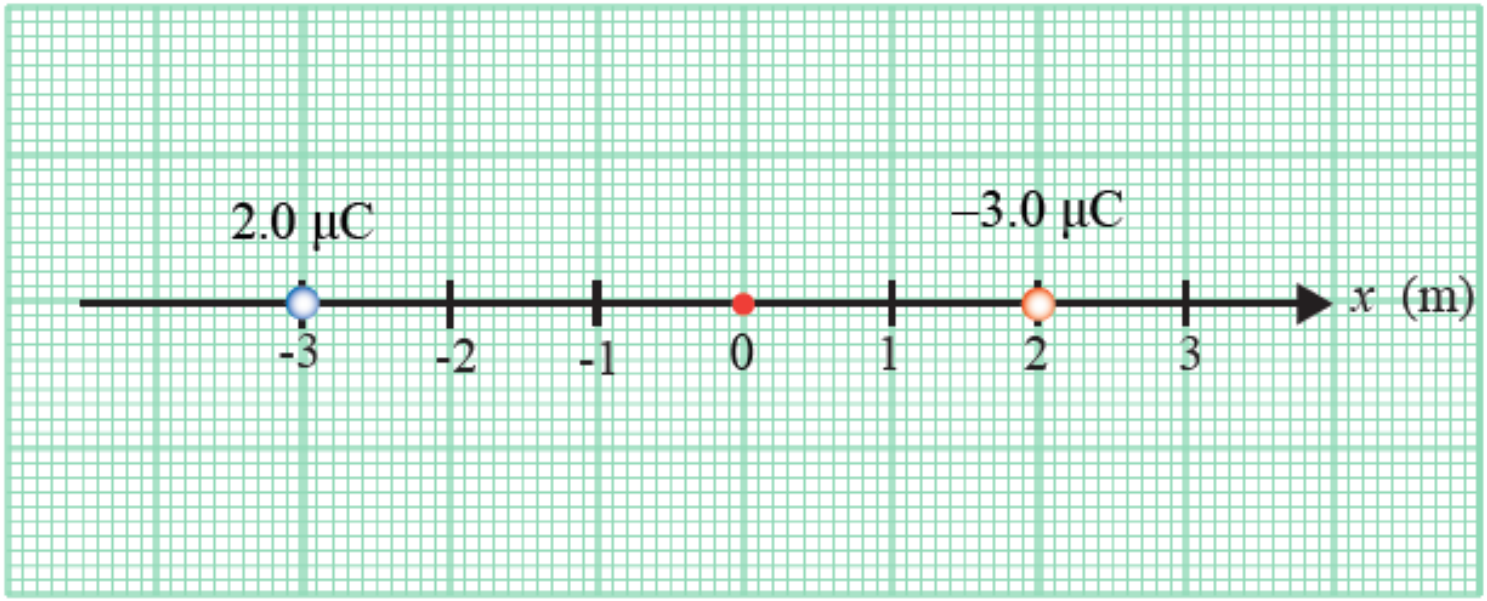
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_N$$

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

สนามไฟฟ้าของระบบประจุ 2 ประจุ และการรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง P



**ตัวอย่าง** จุดประจุ 2.0 และ -3.0 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ที่ตำแหน่ง (-3.0) และ (2.0) เมตร ตามลำดับ ดังรูป




จงหาสนามไฟฟ้าที่จุดกำเนิด

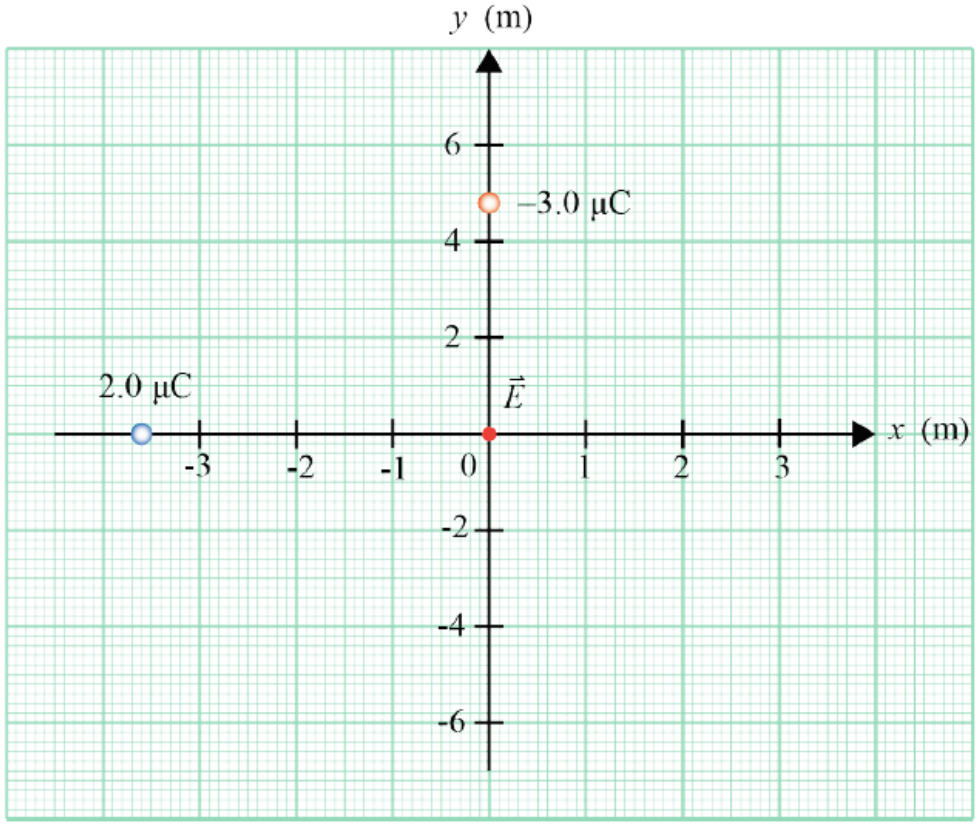
**แนวคิด** ให้ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ แทนสนามไฟฟ้าที่จุด $(0,0)$ เนื่องจากจุดประจุ จากนั้นพิจารณาทิศของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ จากชนิดของประจุต้นกำเนิด และหาขนาดของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ จาก $E = \frac{kQ}{r^2}$ แล้วจึงหาสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุทั้งสองจากการรวมแบบเวกเตอร์

**วิธีทำ** ให้ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ แทนสนามไฟฟ้าที่จุด $(0,0)$ เนื่องจากจุดประจุ $2.0$ และ $-3.0$ ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ พิจารณาทิศของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ จากชนิดของประจุได้ทิศของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ มีทิศไปทางขวา หาขนาดของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ จาก $E = \frac{kQ}{r^2}$ แล้วหาสนามไฟฟ้าลัพธ์จากการรวมแบบเวกเตอร์

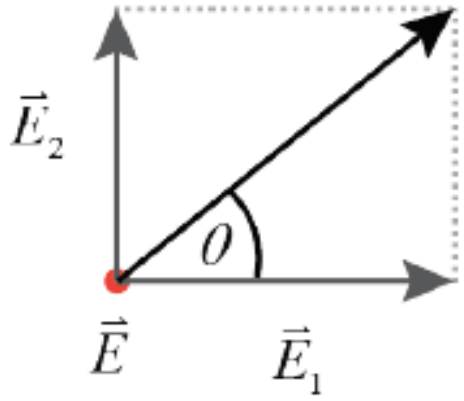
$$
\begin{aligned}
E &= E_1 + E_2 \\
&= k\left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2}\right) \\
&= (9.0\times10^{9}\ \mathrm{Nm^2/C^2})\left(\frac{2.0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{(3.0\ \mathrm{m})^2} + \frac{3.0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{(2.0\ \mathrm{m})^2}\right) \\
&= 8.75\times10^{3}\ \mathrm{N/C}
\end{aligned}
$$

**ตอบ** สนามไฟฟ้าที่จุดกำเนิดมีค่า $8.8\times10^{3}$ นิวตันต่อคูลอมบ์ และมีทิศทางไปทาง $+x$

**ตัวอย่าง** จุดประจุ 2.0 และ -3.0 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ที่ตำแหน่ง (-3.6,0.0) และ (0.0,4.8) เมตร ตามลำดับ จงหาสนามไฟฟ้าลัพธ์ที่จุดกำเนิด



**แนวคิด** ให้ $\vec{E}_1$และ $\vec{E}_2$ แทนสนามไฟฟ้าที่จุด $(0,0)$ เนื่องจากจุดประจุจากนั้นพิจารณาทิศของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ จากชนิดของประจุต้นกำเนิดและหาขนาดของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ จาก $E = \frac{kQ}{r^2}$ แล้วจึง หาสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุทั้งสองจาก การรวมแบบเวกเตอร์ และหาทิศทางจาก $\tan\theta = \frac{E_2}{E_1}$

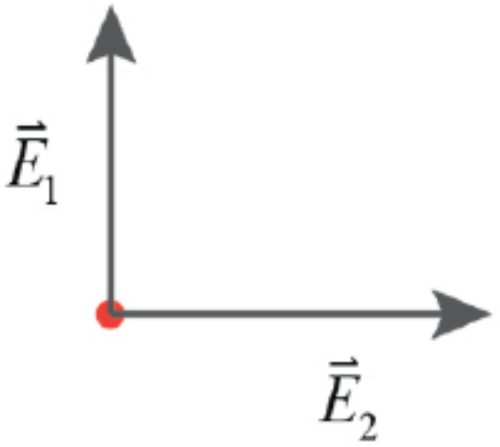


**วิธีทำ** ให้ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ แทนสนามไฟฟ้าที่จุด $(0,0)$ พิจารณาทิศของ $\vec{E}_1$ และ $\vec{E}_2$ จากชนิดของประจุหาขนาดของสนามไฟฟ้าจาก $E = \frac{kQ}{r^2}$ เนื่องจากประจุ $q_1 = +2.0$ ไมโครคูลอมบ์ และประจุ $q_2 = -3.0$ ไมโครคูลอมบ์ มีทิศทาง ดังรูป

$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2}$$

$$= (9.0\times10^9\ \text{Nm}^2/\text{C}^2)\left(\frac{(2.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(3.6\ \text{m})^2}\right)$$

$$= 1.39\times10^3\ \text{N/C}$$

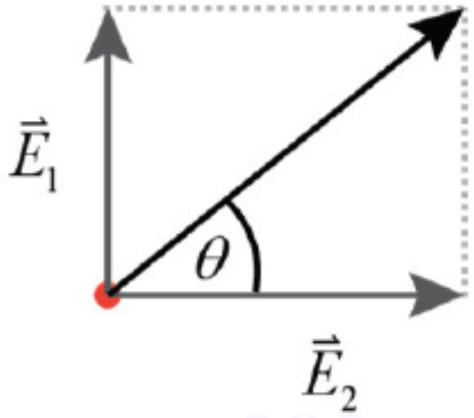


$$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2}$$

$$= (9.0\times10^9\ \text{Nm}^2/\text{C}^2)\left(\frac{(3.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(4.8\,\text{m})^2}\right)$$

$$= 1.17\times10^3\ \text{N/C}$$

เนื่องจาก $\vec{E}_1$ ตั้งฉากกับ $\vec{E}_2$ ขนาดของสนามไฟฟ้าลัพธ์หาได้จาก




$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

$$= \sqrt{(1.39\times10^3\ \text{N/C})^2 + (1.17\times10^3\ \text{N/C})^2}$$

$$= 1.82\times10^3\ \text{N/C}$$

ทิศทางของสนามไฟฟ้าลัพธ์หาได้จาก

$$\tan\theta = \frac{E_2}{E_1}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_2}{E_1}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{1.17\times10^{3}\ \text{N/C}}{1.39\times10^{3}\ \text{N/C}}\right)$$

$$= \tan^{-1}(0.84)$$

$$= 40.1^\circ$$

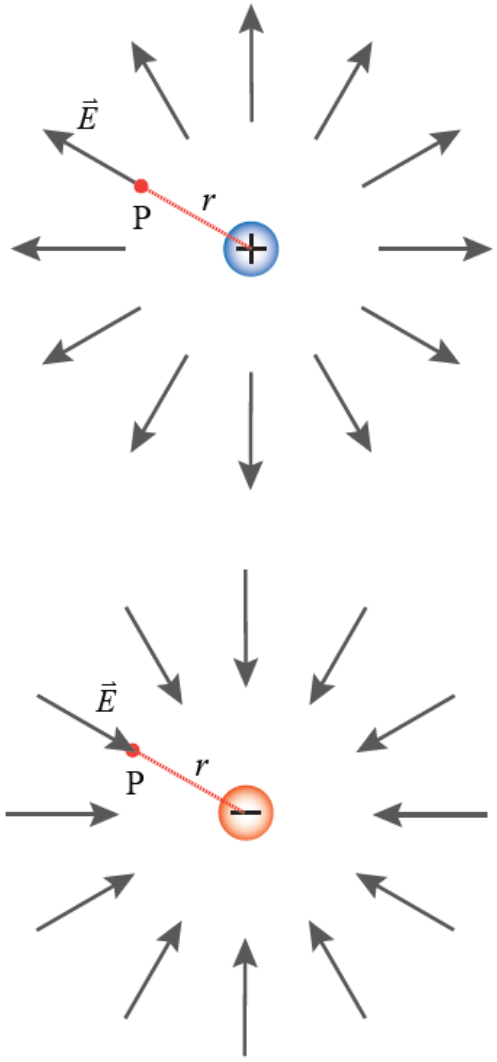
**ตอบ** สนามไฟฟ้าที่จุดกำเนิดมีขนาด $1.82\times10^{3}$ นิวตันต่อคูลอมบ์ ในทิศทำมุม $40.1$ องศา กับแกน $x$

## เส้นสนามไฟฟ้า

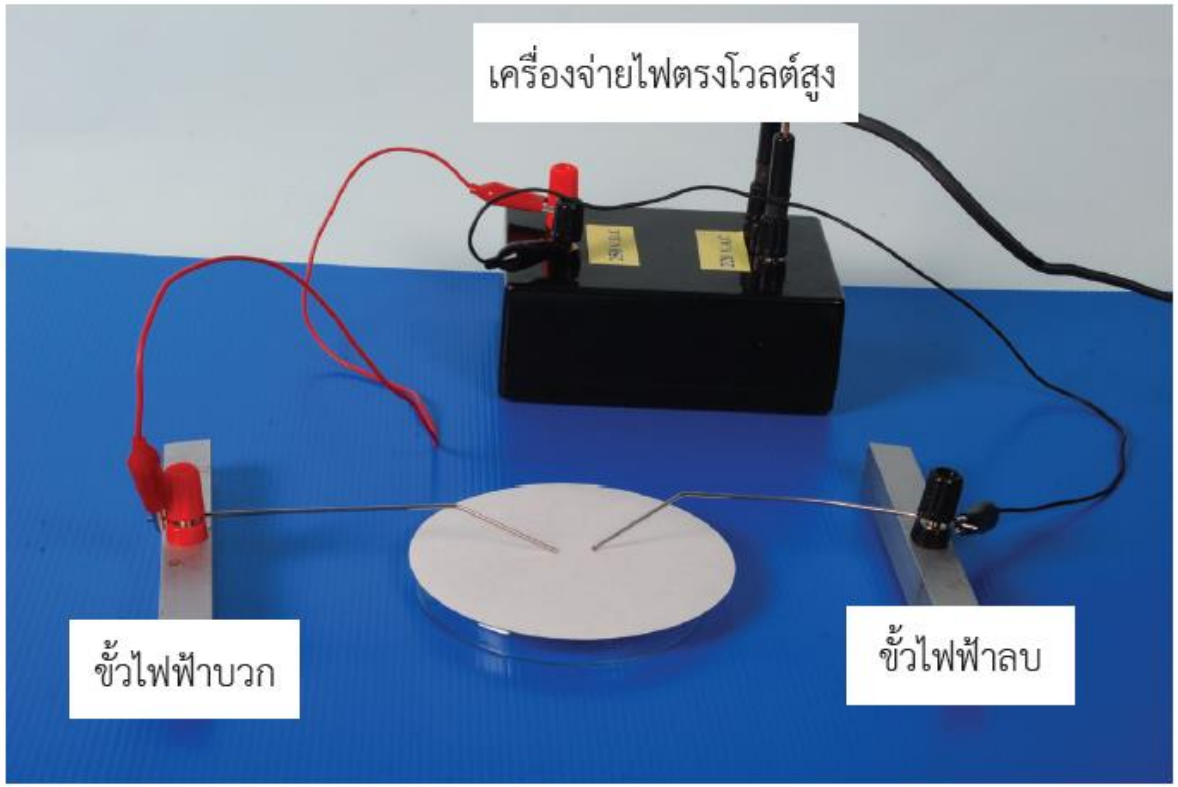
### จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายเส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุ ตัวนำทรงกลม และแผ่นโลหะคู่ขนาน

สนามไฟฟ้ามีอยู่ในบริเวณที่มีแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุทดสอบ โดยมีสนามไฟฟ้ามีทิศทางออกจากประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุบวก และมีทิศทางเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบ ดังแสดงในรูป จากทิศทางของสนามไฟฟ้าดังกล่าว นำมาใช้เป็นเส้นต่อเนื่องในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า เรียกว่า เส้นสนามไฟฟ้า **(electric field line)** ซึ่งมีลักษณะอย่างไรนั้น จะได้ศึกษาผ่านสถานการณ์ดังต่อไปนี้



นำกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร มาชุบน้ำแล้วทิ้งไว้ให้แห้งพอหมาดๆ หรืออาจใช้กระบอกฉีดน้ำ ฉีดให้ทั่วแผ่นแล้ว นำกระดาษกรองนี้ไปวางบนแผ่นแก้ว ใช้ขั้วไฟฟ้า 2 อันที่ต่อกับเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูง โดยให้ปลายแหลมของแต่ละขั้วไฟฟ้าสัมผัสกับกระดาษกรองห่างกันประมาณ 3 – 5 เซนติเมตร ดังรูป

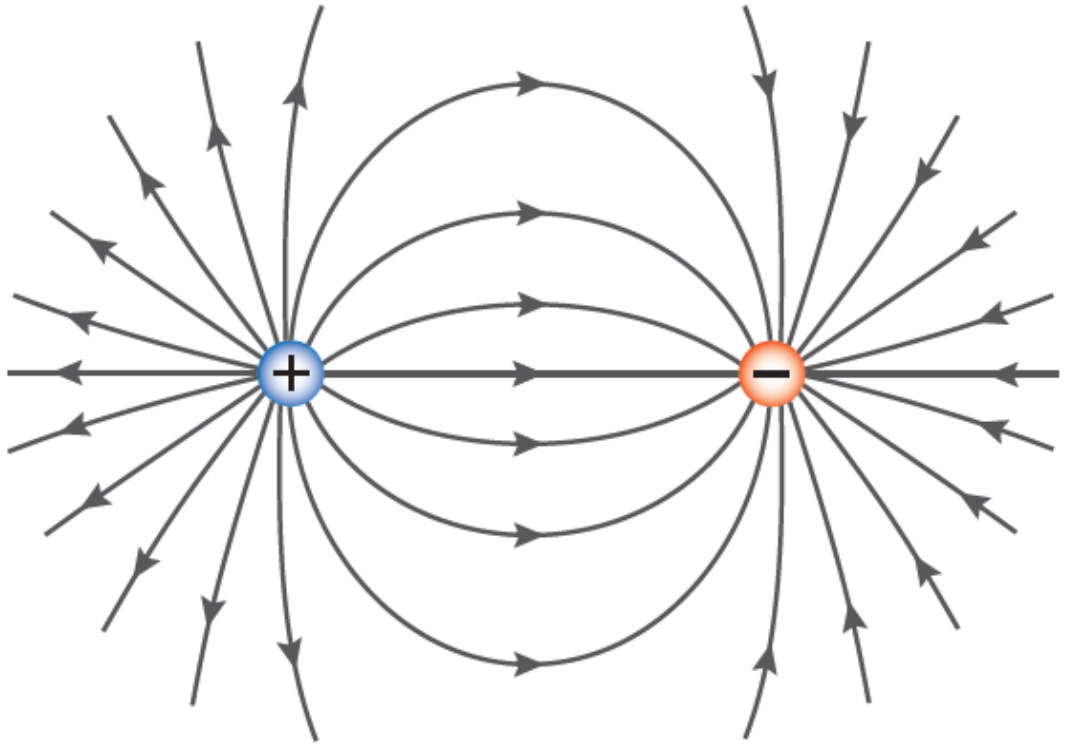


กดสวิตซ์ให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน จากนั้นให้โรยผงด่างทับทิม ($KMnO_4$) ที่บดละเอียดอย่างสม่ำเสมอ โดยให้กระจายบาง ๆ รอบ ๆ ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง สังเกตและอภิปรายผลที่เกิดขึ้นในประเด็นต่อไปนี้

- เมื่อผงด่างทับทิมละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนชนิดใดบ้าง
- ผงด่างทับทิมที่ละลายน้ำแล้ว มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- เมื่อเวลาผ่านไป ผงด่างทับทิมที่กระจายรอบ ๆ ขั้วไฟฟ้า มีลักษณะอย่างไร

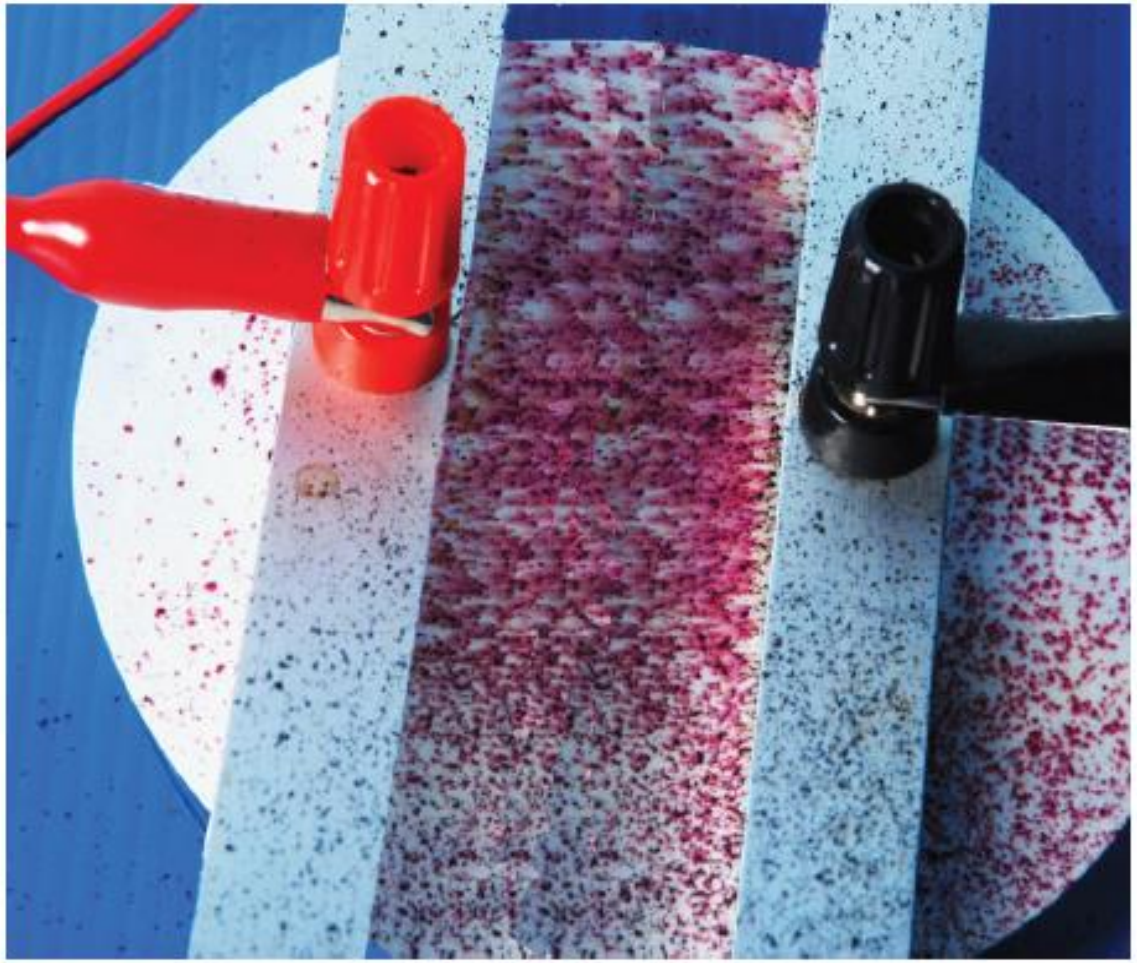
เมื่อโรยผงด่างทับทิมลงบนกระดาษผงด่างทับทิมจะละลายน้ำจะแตกตัวเป็นโพแทสเซียมไอออน ($K^+$) ซึ่งเป็นไอออนบวกที่ไม่มีสี กับเปอร์แมงกาเนตไอออน ($MnO_4^-$) ซึ่งเป็นไอออนลบสีม่วงจากรูป เมื่อเวลาผ่านไปด่างทับทิมมีการเปลี่ยนแปลง มีลักษณะเป็นเส้นสีม่วงแผ่กระจายเป็นแนวจากขั้วลบไปขั้วบวก

แนวเส้นสีม่วงที่แผ่กระจายหรือเส้นสนามไฟฟ้าที่พิจารณาจะมีลักษณะเป็นเส้นสนามไฟฟ้าของประจุสองประจุต่างชนิดกัน ดังรูป



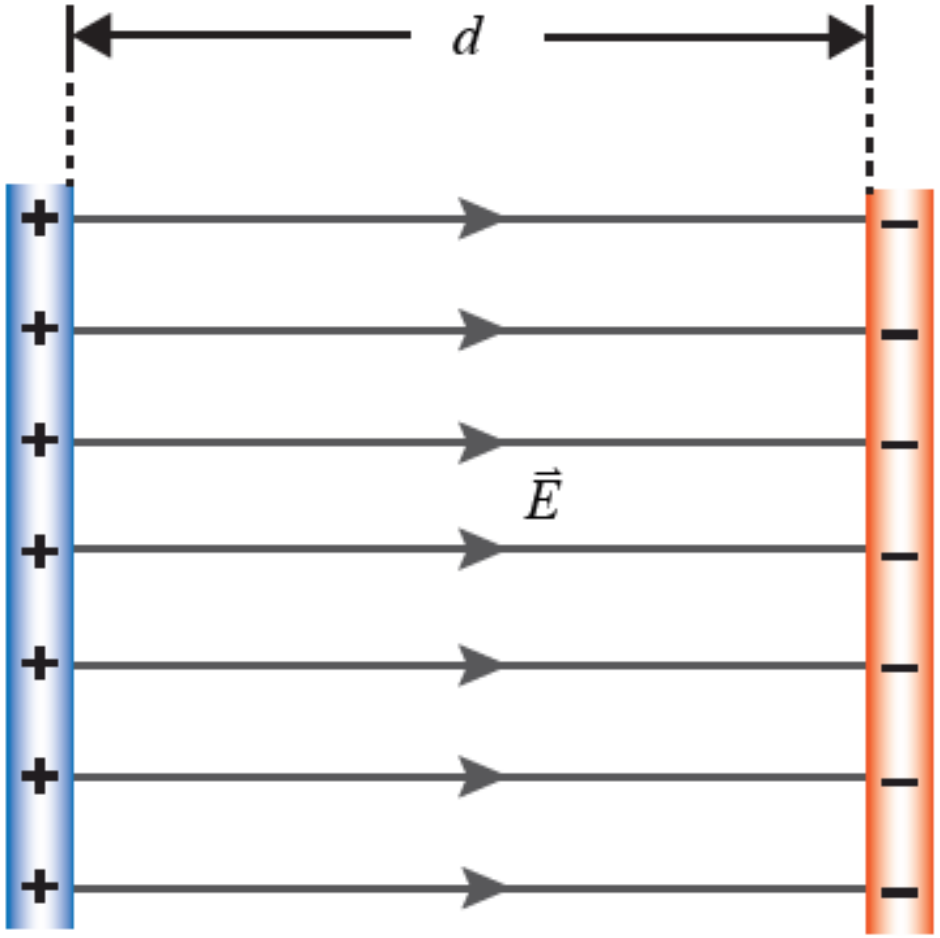

**เส้นสนามไฟฟ้าของประจุสองประจุต่างชนิดกัน**

ถ้าเปลี่ยนปลายขั้วบวกและขั้วลบที่สัมผัสกับกระดาษกรอง จากปลายแหลมเป็นแผ่นโลหะตัวนำ สองแผ่นวางขนานกันหลังจากโรยผงด่างทับทิม การแผ่กระจายของด่างทับทิมและเส้นสนามไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร



ลักษณะการแผ่กระจายของด่างทับทิม

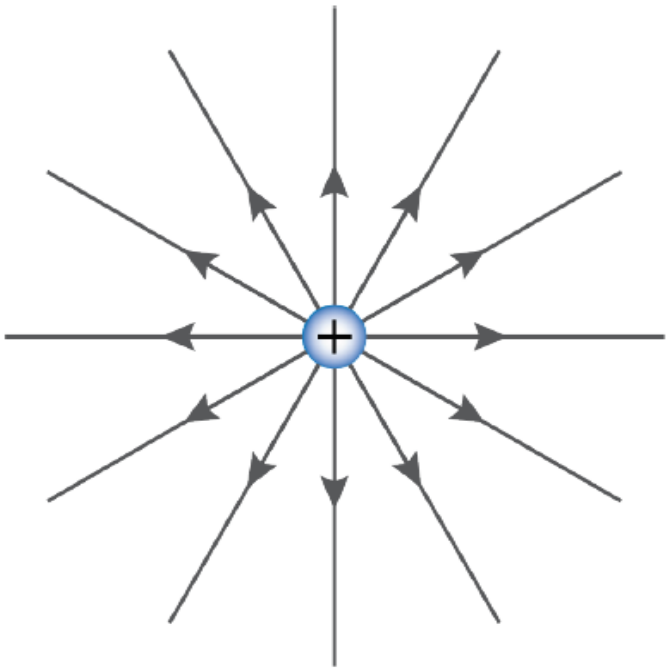
ตัวนำแผ่นโลหะคู่ขนานวางห่างกันเป็นระยะ $d$ แผ่นซ้ายมีประจุบวกสะสมอยู่ และแผ่นขวามีประจุลบสะสมอยู่ เมื่อโรยผงด่างทับทิมระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง การแผ่กระจายของผงสีม่วงเป็นดังรูป



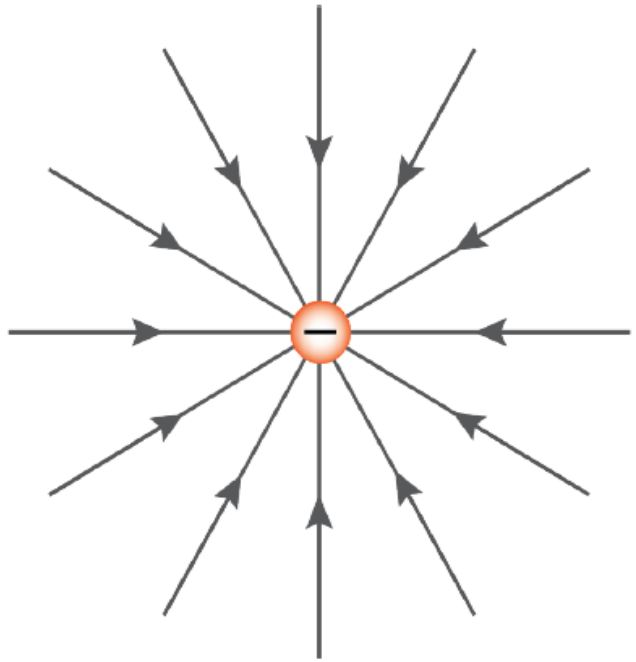

**เส้นสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะตัวนำสองแผ่น**

สนามไฟฟ้าที่เกิดภายในบริเวณแผ่นโลหะคู่ขนานนี้จะสม่ำเสมอ หรือมีขนาดคงตัวและทิศทางเดียวกัน โดยเขียนแทนด้วยเส้นสนามไฟฟ้าที่มีระยะห่างระหว่างเส้นเท่า ๆ กัน ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของสนามไฟฟ้า ดังรูป

เมื่อพิจารณาเส้นสนามไฟฟ้าที่ได้ประกอบรูป จะได้ว่าเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบจุดประจุแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าพุ่งออกจากประจุบวกเข้าหาประจุลบตามแนวรัศมีดังรูป



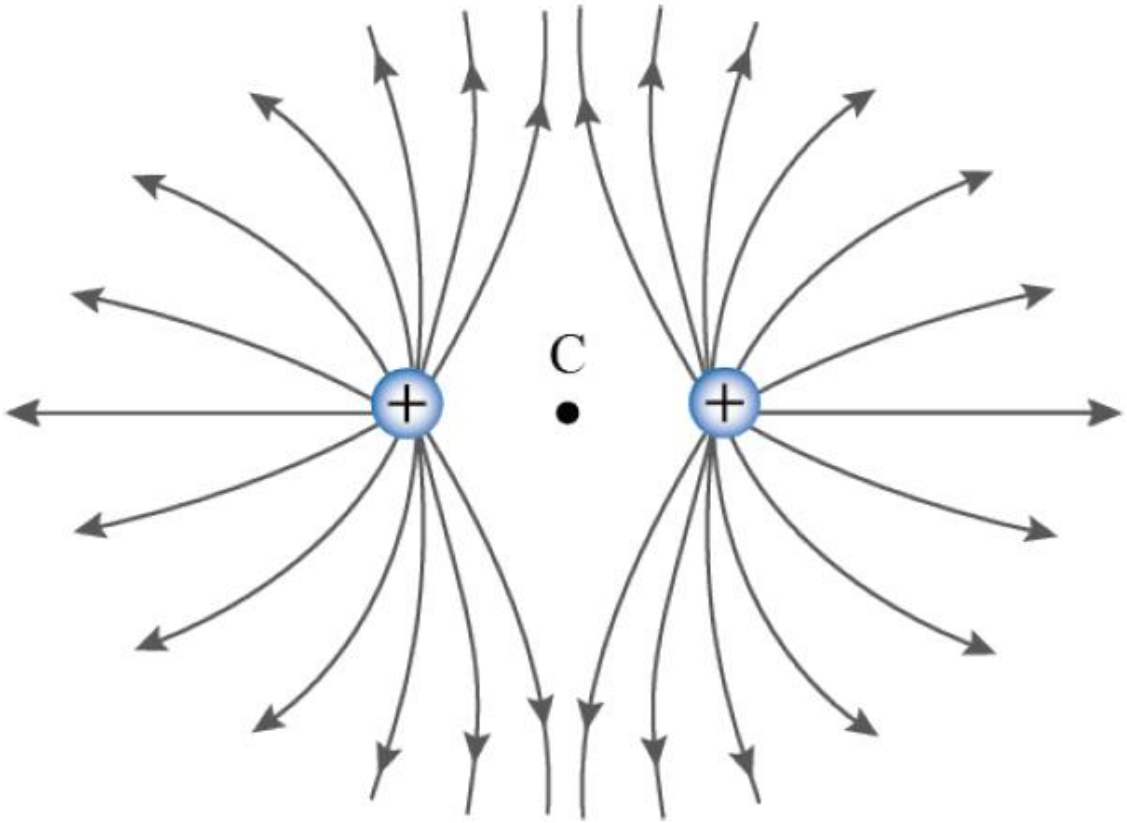
เส้นสนามไฟฟ้าออกจากประจุไฟฟ้าบวก



เส้นสนามไฟฟ้าออกจากประจุไฟฟ้าลบ

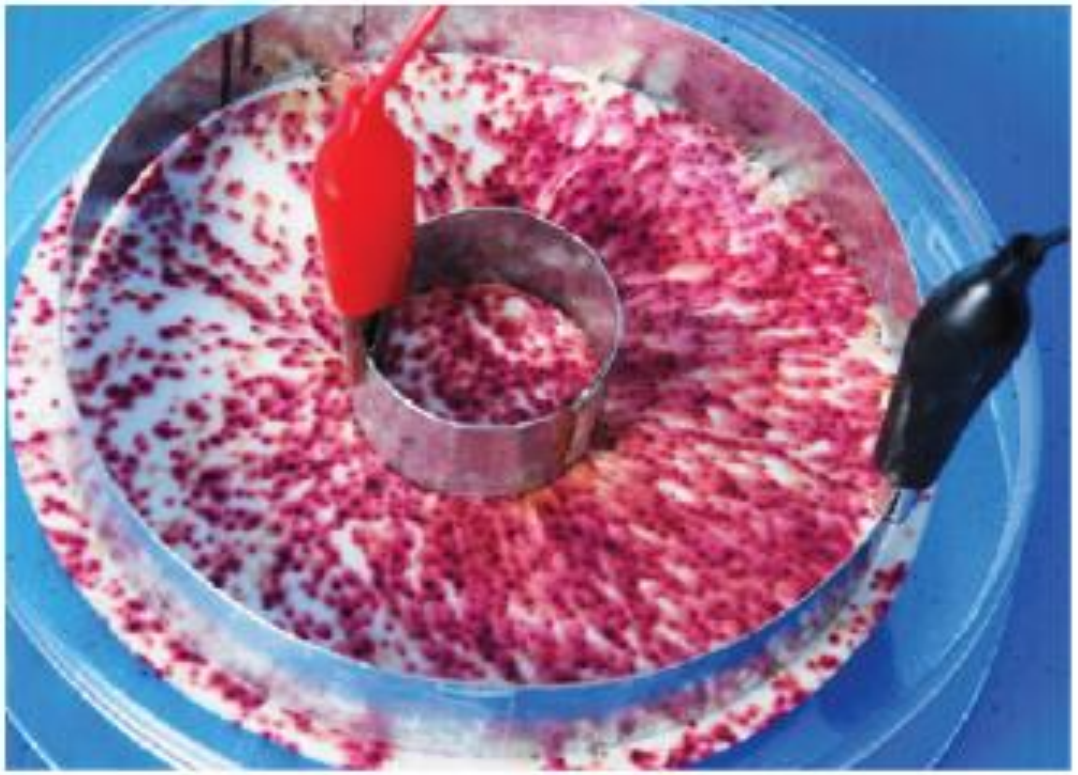
เมื่อพิจารณาทิศทางสนามไฟฟ้าตำแหน่งหนึ่ง ๆ พบว่าสนามไฟฟ้ามีทิศทางอยู่ในแนวสัมผัสเส้นสนามไฟฟ้าในทิศทางหนึ่ง แสดงถึง ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านได้เส้นหนึ่ง นั่นคือเส้นสนามไฟฟ้าจะไม่ตัดกัน

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าจะพบว่าเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณใกล้จุดประจุจะอยู่ชิดกันมาก หรือความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้ามาก และเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณที่ไกลจากจุดประจุจะอยู่ห่างกันมากขึ้น หรือความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าน้อย ความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่ง ๆ แสดงถึงขนาดสนามไฟฟ้า ณ บริเวณนั้น ๆ



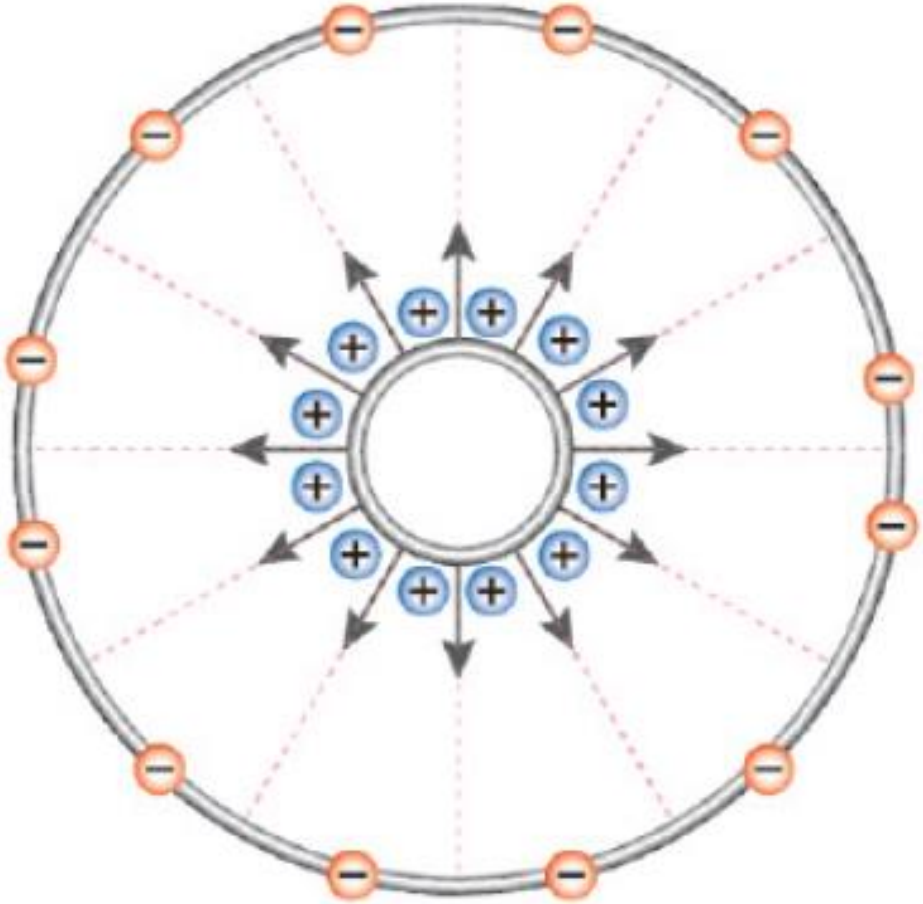

เส้นสนามไฟฟ้าของประจุบวกสองประจุ

จากที่กล่าวมาข้างต้นพิจารณาระบบสองประจุ ซึ่งเป็นประจุบวกเหมือนกัน เส้นสนามไฟฟ้าจะออกจากประจุบวกทั้งสองประจุ โดยโค้งแยกจากกัน ทำให้เกิดตำแหน่งที่ไม่มีเส้นนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ เช่น ที่จุด C ในรูป เรียกตำแหน่งนั้นว่า จุดสะเทิน (neutral point)



ลักษณะการแผ่กระจายของด่างทับทิม

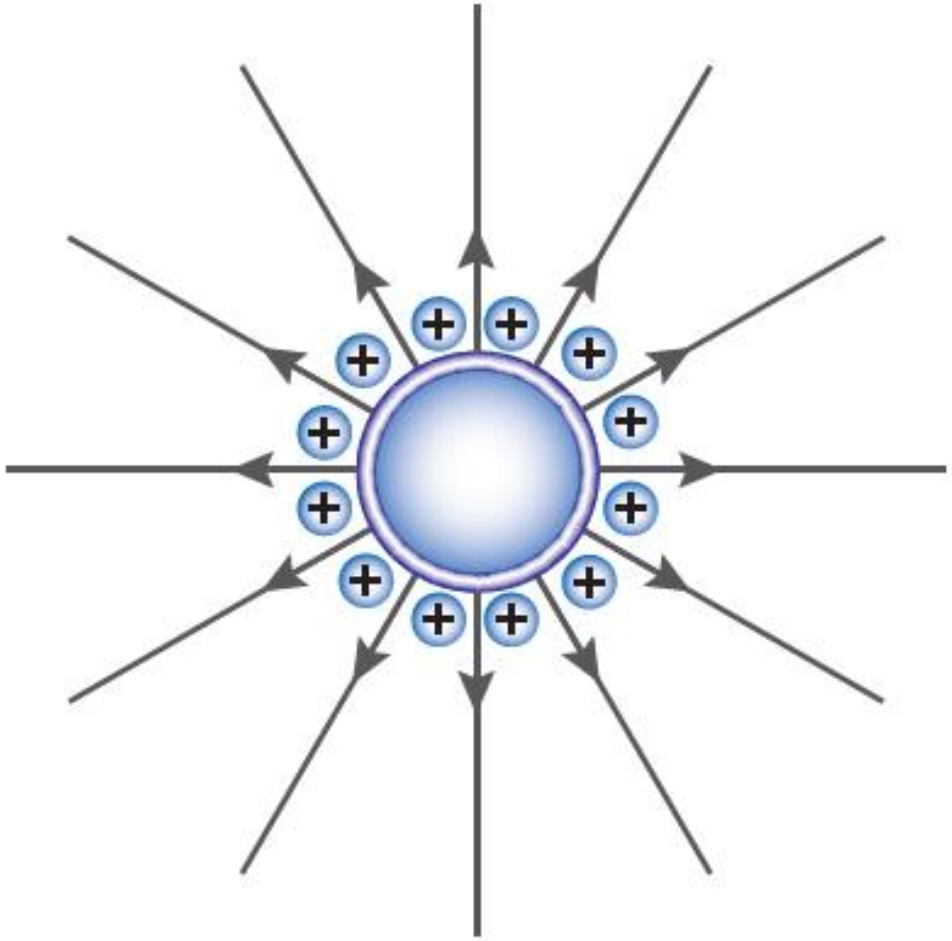
ตัวนำวงกลม 2 วงขนาดต่างกันวางซ้อนกัน โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน หลังจากโรยผงด่างทับทิม การแผ่กระจายของด่างทับทิมและเส้นสนามไฟฟ้า มีลักษณะ ดังรูป โดยภายในของวงกลมวงในไม่มีการกระจายของผงสีม่วงออกเป็นเส้น ๆ ส่วนในบริเวณระหว่างวงกลมทั้งสองมีการแผ่กระจายของผงสีม่วงตามแนวรัศมี



เส้นสนามไฟฟ้าของตัวนำวงกลม 2 วงกลม

ภายในตัวนำวงกลมวงในไม่มีสนามไฟฟ้า ส่วนในบริเวณระหว่างตัวนำวงกลมทั้งสองมีสนามไฟฟ้าในทิศทางตามแนวรัศมี ในลักษณะเดียวกับสนามไฟฟ้าของจุดประจุ ดังรูป

ถ้าตัวนำวงกลมวงนอกมีรัศมีมากกว่าตัวนำวงกลมวงในมาก ๆ สนามไฟฟ้าภายในและภายนอกตัวนำวงกลมวงในยังมีลักษณะเช่นเดิม ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะสนามไฟฟ้าของวงกลมตัวนำใด ๆ ที่มีประจุไฟฟ้า ในทำนองเดียวกันสำหรับตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้าสามารถพิจารณาสนามไฟฟ้าได้ดังนี้



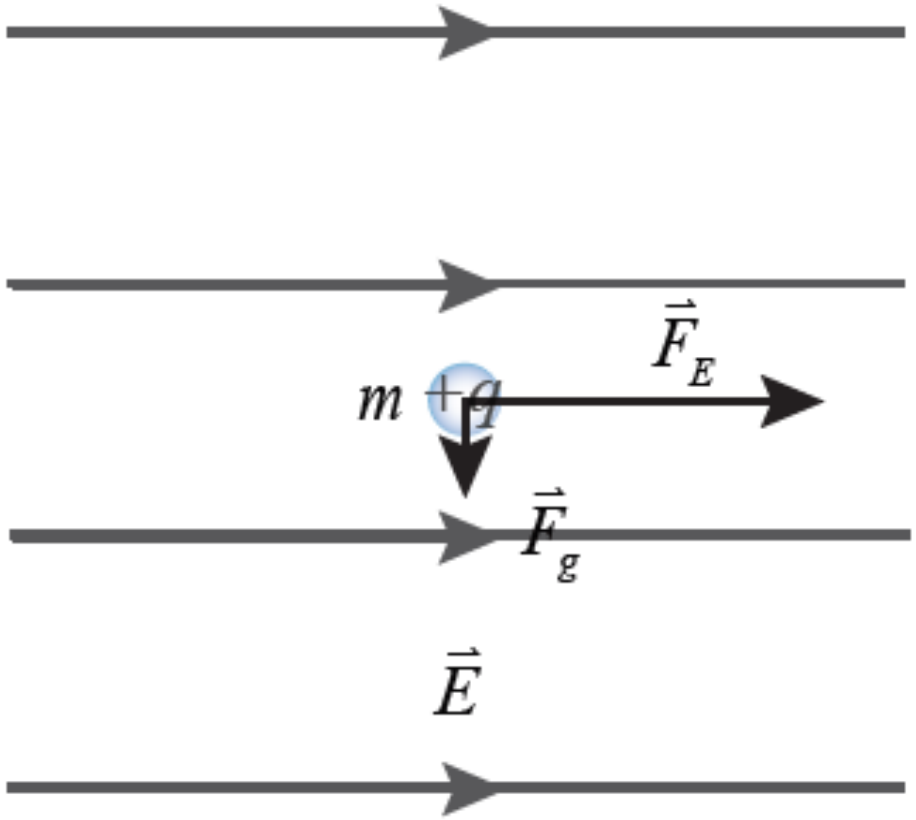
เส้นสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม

ตัวนำทรงกลมจะมีประจุไฟฟ้ากระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำทรงกลม และมีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น และต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม ดังรูป

# แรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้า

## จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้า และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้อง




เมื่อนำประจุบวก $q$ มวล $m$ วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า $(\vec{E})$ บนโลก แรงที่กระทำต่อประจุ มี 2 แรง คือ แรงโน้มถ่วง $(\vec{F}_E)$ และแรงไฟฟ้า $(\vec{F}_E)$ ดังรูป

**แรงที่กระทำต่อประจุบวก $q$ ที่อยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ**

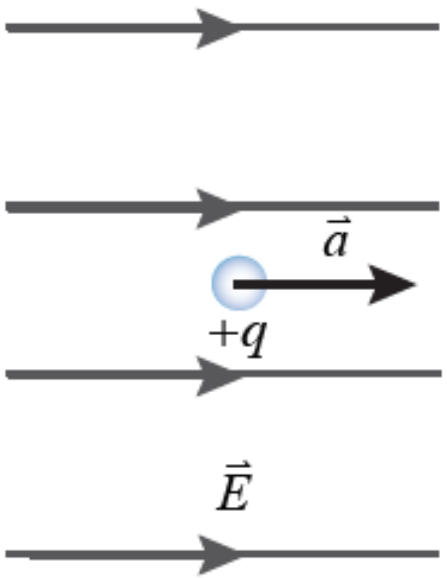
กรณีมวล $m$ น้อยมาก แรงโน้มถ่วงจะมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงไฟฟ้า จึงอาจไม่พิจารณาแรงโน้มถ่วง ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุ คือ แรงไฟฟ้าซึ่งมีค่า $qE$ จากกฎการเคลื่อนที่ข้อสองของนิวตัน จะได้

$$m\vec{a} = \vec{F}_E = q\vec{E}$$

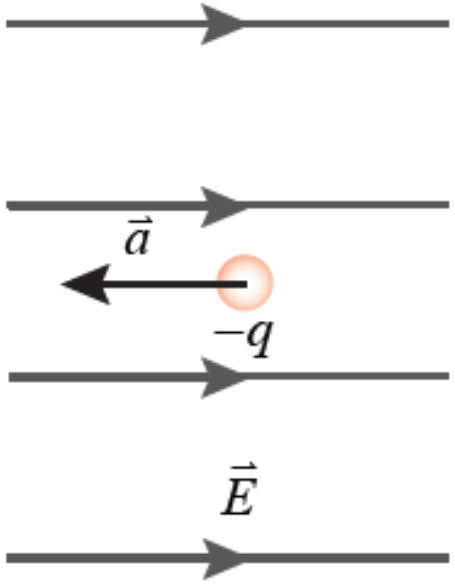
**ประจุไฟฟ้าจึงมีความเร่ง**

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

ถ้าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ $(\vec{E})$ (คงตัวทั้งขนาดและทิศทาง) ความเร่งจะมีค่าคงตัว โดยความเร่งจะมีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้าสำหรับประจุบวก และมีทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าสำหรับประจุลบดังรูป




**ทิศทางความเร่งของประจุบวก $q$ ในสนามไฟฟ้า**




**ทิศทางความเร่งของประจุลบ $q$ ในสนามไฟฟ้า**

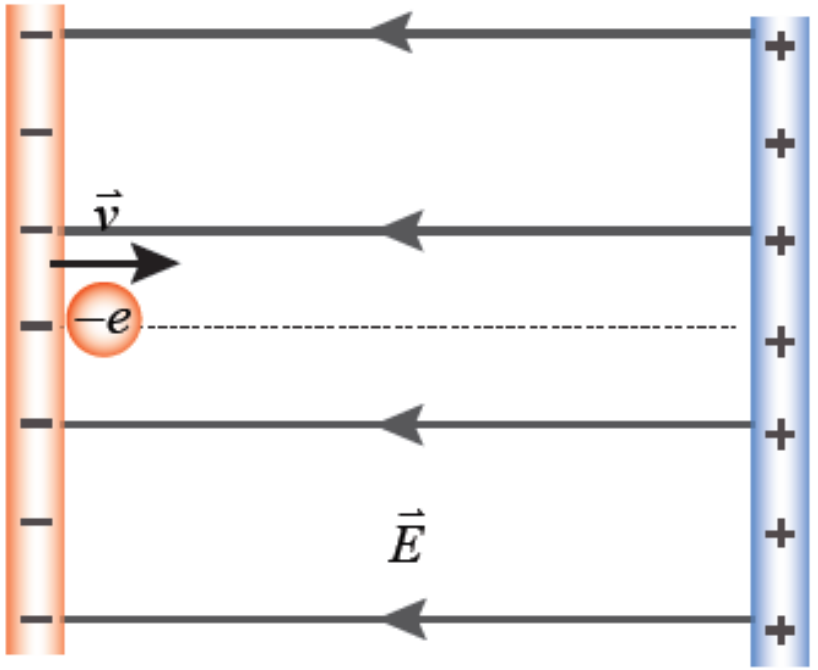
**ตัวอย่าง** แผ่นโลหะคู่ขนานวางตัวในแนวดิ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะ 3.0 เซนติเมตร แผ่นซ้ายมีประจุลบและแผ่นขวามีประจุบวก อิเล็กตรอนถูกปล่อยจากหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่จากผิวของแผ่นโลหะประจุลบและเคลื่อนเข้าชนกับแผ่นโลหะประจุบวกในเวลา $1.5\times10^{-8}$ วินาที โดยไม่คิดแรงโน้มถ่วง จงหา

ก. อัตราเร็วของอิเล็กตรอนขณะชนแผ่นโลหะประจุบวก

ข. ขนาดของความเร่งที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง

ค. ขนาดของสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง

**แนวคิด** ขณะที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จะถูกแรงสองแรงกระทำ คือ แรงโน้มถ่วงในแนวดิ่ง และแรงไฟฟ้าในแนวระดับ แต่อิเล็กตรอนมีมวลน้อยมาก จึงสามารถตัดแรงโน้มถ่วงทิ้งได้ ดังรูป



เนื่องจากอิเล็กตรอนมีประจุลบถูกปล่อยให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งทางซ้ายซึ่งมีประจุลบ ทำให้อิเล็กตรอนถูกแรงผลักทางไฟฟ้าจากประจุลบบนแผ่นโลหะให้เคลื่อนที่ไปทางขวา ในบริเวณซึ่งสนามไฟฟ้า มีทิศจากขวาไปซ้าย ดังนั้นอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น โดยมีความเร่งคงตัว จึงสามารถใช้สมการการเคลื่อนที่ในกรณีความเร่งคงตัว หาอัตราเร็วชนแผ่นโลหะบวกได้จาก $\Delta x = \frac{1}{2}(u+v)t$ จากนั้นหาความเร่งจาก $\Delta x = ut + \frac{1}{2}at^2$ แล้วแทนค่าใน $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$ เพื่อหาสนามไฟฟ้า $(\vec{E})$

**วิธีทำ** ก. หาอัตราเร็วที่ชนแผ่นบวกได้จาก

$$\Delta x = \frac{1}{2}(u+v)t$$

$$3.0\,\text{cm} = \frac{1}{2}(0+v)(1.5\times10^{-8}\,\text{s})$$

$$v = 4.0\times10^{6}\ \text{m/s}$$

ข. หาขนาดของความเร่งของอิเล็กตรอน จาก

$$\Delta x = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$3.0\,\text{cm} = (0)(1.5\times10^{-8}\,\text{s}) + \frac{1}{2}(a)(1.5\times10^{-8}\,\text{s})^2$$

$$a = 2.67\times10^{14}\,\text{m/s}^2$$

ค. หาขนาดสนามไฟฟ้าจาก

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

$$2.67 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2 = \frac{(1.6 \times 10^{-19}\ \text{C})}{(9.1 \times 10^{-31}\ \text{kg})}(E)$$

$$E = 1.52 \times 10^{3}\ \text{N/C}$$

**ตอบ** ก. อัตราเร็วของอิเล็กตรอนขณะชนแผ่นโลหะบวกมีค่า $4.0 \times 10^{6}$ เมตรต่อวินาที

ข. ขนาดของความเร่งที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองมีค่า $2.7 \times 10^{14}$ เมตรต่อวินาที$^2$

ค. ขนาดของสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองมีค่า $1.5 \times 10^{3}$ นิวตันต่อคูลอมบ์