

## 2. แรงไฟฟ้าและสนามไฟฟ้า

### 2.1 การทำให้เกิดประจุไฟฟ้าโดยการขัดสี

เมื่อนำวัตถุต่างชนิดกันที่เหมาะสมมาขัดสีกัน วัตถุทั้งสอง ต่างเกิดประจุไฟฟ้าบนผิวของวัตถุ และวัตถุทั้งสอง ต่างแสดงอำนาจไฟฟ้าของคุณเองได้ ในวันที่มีอากาศแห้งๆ ทดลองถูหวีพลาสติก ด้วยผ้าแพรอย่างแรงหลายๆ ครั้ง แล้วนำหวีนั้นไปถือใกล้ชั้นกระดาษเล็กๆ จะพบว่าหวีดูดชั้นกระดาษได้ แสดงให้เห็นชัดว่าขณะนี้หวี มีประจุไฟฟ้าขึ้นและแสดงอำนาจไฟฟ้าออกมาได้ จากผลการทดลอง เราทราบว่า ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนหวีและบนแพรเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน สำหรับวัตถุต่างชนิดคู่อื่นๆ ที่เหมาะสม ให้ผลเช่นเดียวกัน

### 2.2 ชนิดของประจุไฟฟ้า แรงกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้า

ทดลองนำผ้าแพร ถูกับแก้วผิวเกลี้ยงสองแท่ง แล้วนำแท่งแก้วทั้งสองขึ้นแขวนไว้ใกล้ๆ กัน จะปรากฏว่าแท่งแก้วทั้งสองเบนหนีออกจากกัน แสดงว่าเกิดมีแรงผลักระหว่างแท่งแก้วทั้งสอง นำแท่งแก้วผิวเกลี้ยงชนิดเดียวกันอีกคู่หนึ่งถูด้วยขนสัตว์ แล้วนำขึ้นแขวนเช่นเดียวกัน จะปรากฏว่าแท่งแก้วคู่นี้ผลักรัน และเบนห่างจากกันแต่ถ้านำแท่งแก้วที่ถูด้วยผ้าแพร จากคู่แรกมาหนึ่งแท่ง แขวนคู่กับอีกหนึ่งแท่งจากคู่หลังที่ถูด้วยขนสัตว์แล้ว จะปรากฏว่าแท่งแก้วทั้งสองเบนเข้าหากัน แสดงว่าแท่งแก้วคู่นี้ดูดกัน เมื่อทำการทดลองซ้ำหลายครั้งก็จะปรากฏผลเช่นเดียวกัน

จากผลการทดลองแสดงว่า ประจุไฟฟ้าที่เกิดบนแท่งแก้วคู่แรกต้องเป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันเพราะต่างถูด้วยแพรด้วยกัน และประจุไฟฟ้าที่เกิดบนแท่งแก้วคู่หลังก็เป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน เพราะต่างถูด้วยขนสัตว์เช่นเดียวกัน โดยที่แท่งแก้วคู่แรกผลักรันและแท่งแก้วคู่หลังผลักรัน แต่แท่งแก้วจากคู่แรกและจากคู่หลังดูดกันยอมแสดงว่า ประจุไฟฟ้าบนแท่งแก้วคู่แรกและคู่หลังต้องเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน แม้ว่าจะทดลองใช้วัตถุคู่อื่นๆ ที่เหมาะสม ก็จะทำให้ผลทำนองเดียวกัน จึงสรุปผลได้ว่า ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการขัดสีมีต่างกันอยู่สองชนิดเท่านั้นจึงได้กำหนดชนิดประจุไฟฟ้า โดยเรียกประจุไฟฟ้าชนิดหนึ่งว่า **ประจุไฟฟ้าบวก** (positive charge) และเรียกประจุไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งว่า **ประจุไฟฟ้าลบ** (negative charge)

- (1) **ประจุไฟฟ้าบวก** คือ ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นแท่งแก้วผิวเกลี้ยง ภายหลังที่นำมาถูด้วยผ้าแพร
- (2) **ประจุไฟฟ้าลบ** คือ ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนแท่งอีโบไนต์ (ebonite) ภายหลังที่นำมาถูด้วยขนสัตว์ หรือล็กทาลาด

**ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันยอมผลักรัน แต่ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันยอมดูดกัน**

## 2.3 แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

แรงที่เกิดระหว่างประจุไฟฟ้า มีทั้งแรงดูดและแรงผลัก และเป็นแรงต่างร่วม คือ ทั้ง 2 ฝ่าย จะออกแรงกระทำซึ่งกันและกันด้วยแรงเท่ากัน แต่ทิศตรงข้าม

ประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน และประจุต่างชนิดกัน จะดูดกัน Charles Augustin de Coulomb ได้ทำการทดลองและสรุปผลเป็นกฎไว้ดังนี้

"แรงระหว่างประจุไฟฟ้าคู่หนึ่ง จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับผลคูณของประจุแต่สัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะทาง ระหว่างประจุคู่นั้น"

### การคำนวณแรงระหว่างประจุ

Charles Augustin de Coulomb เป็นผู้วัดแรงระหว่างประจุ แรงระหว่างประจุเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสองนั้น

$$F = \frac{1}{r^2}$$

และพบว่า แรงระหว่างประจุขึ้นอยู่กับประจุที่จะกระทำกันด้วย

$$F \propto Q_1 Q_2$$

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

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

$$K = 8.98747 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

$$\approx 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

หมายเหตุ เราอาจใช้ค่า K เป็นรูป  $\epsilon_0$  (Permittivity constant) ได้ดังนี้

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

$$\epsilon_0 = 8.85418 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$$

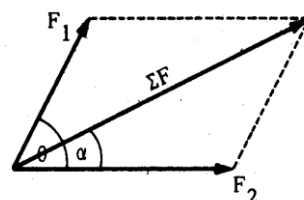
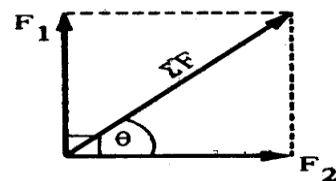
ซึ่งแทนค่า จะได้  $K = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

หมายเหตุ เนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้นการรวมแรงจึงต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย โดยการรวมเวกเตอร์มีหลักดังนี้

#### 1. ถ้าแรง 2 แรงตั้งฉากกัน

$$\text{จะได้ } \Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$\tan\theta = \frac{F_1}{F_2}$$



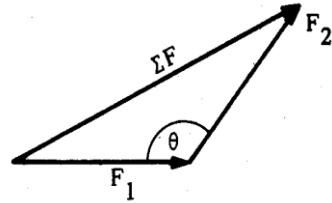
2. ใช้ทฤษฎีของสี่เหลี่ยมด้านขนาน

จะได้  $(\Sigma F)^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta$

$$\tan\alpha = \frac{F_1 \cos \theta}{F_2 + F_1 \cos \theta}$$

3. ใช้สามเหลี่ยม

จะได้  $(\Sigma F)^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos\theta$



1. ทรงกลมมีประจุไฟฟ้า q เท่ากัน 2 ลูก เมื่อห่างกัน d เกิดแรงผลักระหว่างกัน ถ้าประจุไฟฟ้าในลูกหนึ่งรั่วเหลือ  $\frac{q}{2}$  ทรงกลมทั้งสองจะต้องอยู่ห่างกันเท่าใดจึงจะเกิดแรงผลักเท่าเดิม

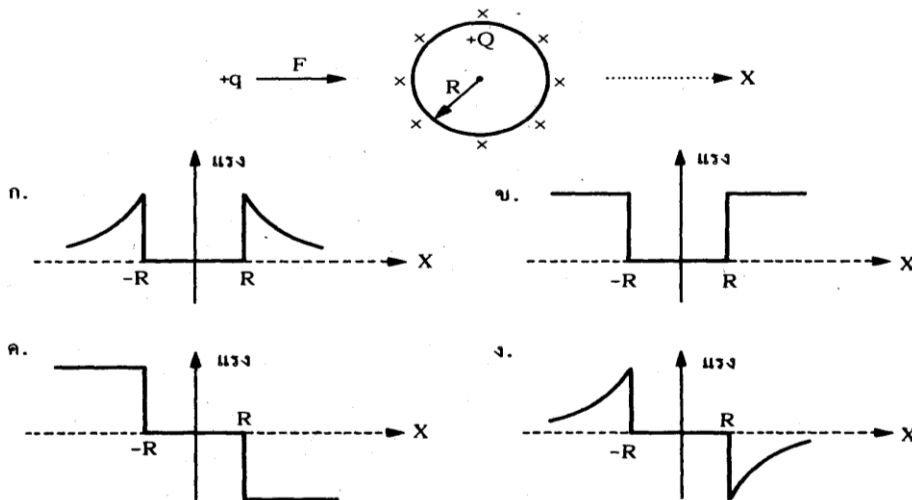
เฉลย

แนวคิด  $F = \frac{Kqq}{d^2}$  .....(1)

$$F = \frac{Kq(q/2)}{(d')^2}$$
 .....(2)

(1) = (2) ;  $d' = \sqrt{2}d$

2. ประจุ +Q กระจายสม่ำเสมออยู่บนผิวทรงกลมรัศมี R สมมติมีแรงภายนอกกระทำบนประจุ +q เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวแกน X ด้วยความเร็วคงที่ผ่านจุดศูนย์กลางทรงกลม ถ้ากำหนดให้ทิศของแรงไปทาง +X เป็นบวก -X เป็นลบ กราฟระหว่างแรงภายนอกกับระยะ X จะเป็นไปตามข้อใด



เฉลยข้อ ง

แนวคิด ถ้าตอบเพียงขนาดของแรง ตอบ ก

โจทย์ กำหนดด้วย เป็น +,- ต้องตอบเป็นบวก ,ลบ ตอบ ง

3. ทรงกลมตัวนำขนาดเท่ากัน 2 อัน แต่ละอันมีรัศมี 1 ซม. ทรงกลมดอันแรกมีประจุ  $3 \times 10^{-5}$  C อันหลังมีประจุ  $-1 \times 10^{-5}$  C เมื่อให้ทรงกลมทั้งสองอันแตะกัน และแยกนำไปวางไว้ให้ผิวทรงกลมทั้งสองห่างกัน 8 ซม. ขนาดของแรงระหว่างทรงกลมคือ (หน่วยนิวตัน)

- ก. 90                      ข. 270                      ค. 360                      ง. 563

เฉลยข้อ ก

แนวคิด เมื่อแตะกันแล้วดึงออก

$$\text{จะมีประจุไฟฟ้า ช้างละ } Q = \frac{(3 \times 10^{-5}) + (-1 \times 10^{-5})}{2} = 1 \times 10^{-5} \text{ C}$$

ผิวห่างกัน 8 ซม.

∴ จุดศูนย์กลางทรงกลมห่างกัน  $8+1+1 = 10$  ซม.

$$F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-5})(1 \times 10^{-5})}{(0.1)^2} = 90 \text{ N}$$

4. ทรงกลมตัวนำ P และ Q ประจุไฟฟ้า  $4 \times 10^{-8}$  C และ  $9 \times 10^{-8}$  C ตามลำดับ วางห่างกัน 0.6 เมตร บนพื้นระนาบเกลี้ยงที่เป็นฉนวน ถ้า P มีมวล 0.18 กรัม จงหาความเร่งของทรงกลม F ทันทีที่ปล่อย (เมตร/วินาที<sup>2</sup>)

- ก. 0.6                      ข. 0.8  
ค. 0.5                      ง. 0.7

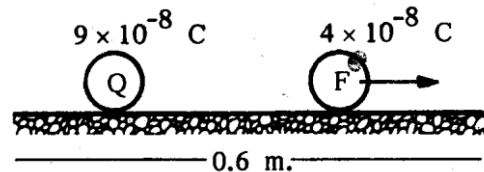
เฉลยข้อ ข

แนวคิด  $F = ma$

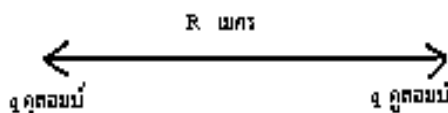
$$\frac{KQ_1Q_2}{r^2} = ma$$

$$\frac{9 \times 10^9 (4 \times 10^{-8})(9 \times 10^{-8})}{(0.6)^2} = \frac{0.18}{1000} a$$

$$a = 0.8 \text{ m/s}^2$$



5. ประจุ  $q$  C 2 ตัว วางห่างกัน  $r$  เมตร เกิดแรงระหว่างประจุ =  $F$  นิวตัน ถ้าเอาประจุ  $2q$  C วางห่างกัน  $q$  คูณอมบ์ เป็นระยะ  $r$  เมตร จะเกิดแรงระหว่างประจุเท่าไร



ก. F นิวตัน

ข. 2F นิวตัน

ค. 3F นิวตัน

ง. 4F นิวตัน

เฉลยข้อ ข

แนวคิด  $F = \frac{Kq_1q_2}{r^2}$  .....(1)

$F_2 = \frac{Kq(2q)}{r^2}$  .....(2)

(2)/(1)  $\frac{F_2}{F} = 2$

$\therefore F_2 = 2F$  นิวตัน

6. จุดประจุ 2 จุด ขนาด 4 ไมโครคูลอมบ์ และ -6 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน เป็นระยะ d ซม. จะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุ 12 นิวตัน ถ้านำไปวางห่างกัน d/2 ซม. จะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสองขนาดเท่าไร

ก. 3 นิวตัน

ข. 6 นิวตัน

ค. 24 นิวตัน

ง. 48 นิวตัน

เฉลยข้อ ง

แนวคิด  $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$

$12 = \frac{K(4 \times 10^{-6})(6 \times 10^{-6})}{d^2}$  .....(1)

$F_2 = \frac{K(4 \times 10^{-6})(6 \times 10^{-6})}{(d/2)^2}$  .....(2)

(2)/(1) ;  $F_2 = 48$  นิวตัน

7. อนุภาค A มีประจุเป็น 2 เท่าของประจุบนอนุภาค B  $\sqrt{1.8}$  ซม. เกิดแรงกระทำ 1 นิวตัน จงหาประจุบนอนุภาค B

ก.  $1.0 \times 10^{-7}$  C

ข.  $2.0 \times 10^{-7}$  C

ค.  $1.0 \times 10^{-12}$  C

ง.  $2.0 \times 10^{-12}$  C

เฉลยข้อ ก

แนวคิด  $F = \frac{KQ_1Q_2}{R^2}$

$1 = \frac{9 \times 10^9 (2x)(x)}{(\sqrt{1.8} \times 10^{-2})^2}$

$x = 10^{-7}$  C

8. จงหาขนาดของสนามไฟฟ้าที่ทำให้อิเล็กตรอนมีแรงทางไฟฟ้าเท่ากับน้ำหนักของตัวเอง

$$\text{ก. } 6.67 \times 10^{-11} \text{ N/C}$$

$$\text{ข. } 6.67 \times 10^{-11} \text{ N/C}$$

$$\text{ค. } 5.69 \times 10^{-12} \text{ N/C}$$

$$\text{ง. } 5.56 \times 10^{-12} \text{ N/C}$$

เฉลยข้อ ค

$$\text{แนวคิด } F_{\text{ไฟฟ้า}} = mg$$

$$qE = mg$$

$$1.6 \times 10^{-19} E = 9.1 \times 10^{-31} (10)$$

$$\therefore E = 5.69 \times 10^{-11} \text{ N/C}$$

9. จุดประจุ +Q และ -Q วางห่างกันเป็นระยะ 2 ซม. ซึ่งถือว่าเป็นค่าคงที่ แรงที่เกิดขึ้นต่อประจุทั้งสองมีค่าเท่ากันแต่มีทิศตรงข้าม แรงที่เกิดขึ้นนี้จะแปรผันตามอะไร

ก. แปรผันตามผลคูณของประจุทั้งสองต่อระยะห่างกำลังสอง

ข. แปรผันตามผลคูณของประจุทั้งสอง

ค. แปรผันตรงกับระยะห่างกำลังสอง

ง. ถูกทุกข้อ

เฉลยข้อ ง

$$\text{แนวคิด } F = \frac{KQ_1Q_2}{R^2}$$

$$\therefore F \propto \frac{Q_1Q_2}{R^2}$$

$$F \propto Q_1Q_2$$

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

## 2.4 สนามไฟฟ้า, เส้นแรงไฟฟ้า

สนามไฟฟ้า (electric field) หมายถึง "บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไปถึง" หรือ "บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้านั้น" ตามจุดต่างๆในบริเวณสนามไฟฟ้า ย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้า จะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ห่างไกลออกไปนอกจากนั้น ณ จุดต่างๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้าย่อมจะ ปรากฏศักย์ไฟฟ้ามีค่าต่างๆ กันด้วย ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้า ชนิดเดียวกันกับศักย์ไฟฟ้าอันเกิดจากประจุไฟฟ้าที่เป็นเจ้าของสนามไฟฟ้าจุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้า จะมีศักย์สูงกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป

**เส้นแรงไฟฟ้า** เรากำหนดเพื่อความสะดวกในการศึกษาไม่มีปรากฏอยู่จริงๆ โดยกำหนดเป็นหลักให้เข้าใจตรงกันว่า เมื่อวางประจุไฟฟ้าบวกอิสระลงในสนามไฟฟ้า ถ้าประจุไฟฟ้าบวกอิสระนั้น

สามารถเคลื่อนที่ไปได้ แนวทางที่ประจุไฟฟ้าบวกอิสระนี้จะเคลื่อนที่ไป กำหนดว่าเป็นเส้นแรงไฟฟ้า และทิศทางของเส้นสัมผัส ซึ่งสัมผัสเส้นแรงไฟฟ้าที่จุดใดๆ ก็คือทิศทางของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้น

ในการเขียนเส้นแรงไฟฟ้า ให้ถือเกณฑ์ว่า เส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออกจากประจุไฟฟ้าบวก เข้าสู่ประจุไฟฟ้าลบ ให้หัวลูกศรออกจากประจุไฟฟ้าบวก และหัวลูกศรเข้าสู่ประจุไฟฟ้าลบ

คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า คุณสมบัติเส้นแรงไฟฟ้าที่ควรทราบในขั้นนี้ คือ

1. เส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออกจากประจุไฟฟ้าบวก และพุ่งเข้าสู่ประจุไฟฟ้าลบ
2. เส้นแรงไฟฟ้าแต่ละเส้นจะไม่ตัดกันเลย
3. เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน ไม่เสริมเป็นแนวเดียวกัน แต่จะเบนแยกจากกันเป็นแต่ละแนว ส่วนเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน จะเสริมเป็นแนวเดียวกัน
4. เส้นแรงไฟฟ้าที่พุ่งออกจากกันหรือพุ่งเข้าสู่ผิวของวัตถุย่อมตั้งฉากกับผิวของวัตถุนั้นๆ เสมอ
5. เส้นแรงไฟฟ้า จะไม่พุ่งผ่านวัตถุตัวนำเลย เส้นแรงไฟฟ้าจะสิ้นสุดอยู่เพียงบริเวณผิวของวัตถุตัวนำเท่านั้น
6. สำหรับวัตถุตัวนำรูปทรงกลมกลวงที่มีประจุไฟฟ้า และไม่มีวัตถุอื่นที่มีประจุไฟฟ้าบรรจุอยู่ภายในทรงกลมกลวงนั้น จะไม่มีเส้นแรงไฟฟ้า อยู่ภายในทรงกลมกลวงนั้นเลย เส้นแรงไฟฟ้าจะมีปรากฏสิ้นสุดอยู่เพียงผิวนอกของทรงกลมกลวงเท่านั้น โดยเส้นแรงไฟฟ้าจะมีแนวเข้าสู่จุดศูนย์กลางของทรงกลมกลวง และในกรณีนี้ภายในทรงกลมกลวงจะไม่มีสนามไฟฟ้า ไม่มีแรงกระทำไฟฟ้า กล่าวได้ว่าค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์

ความแรงของสนาม หมายถึง "ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นบนประจุ +1 coulomb ที่เอาไปวางทดสอบ"

$$\text{จาก } F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$$

ถ้าประจุ  $Q_1Q_2$  ตัวใดตัวหนึ่งเป็น 1 Coulomb

$$\therefore F = \frac{KQ}{r^2} \dots\dots\dots\text{แรงบนประจุ 1 coulomb}$$

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

E= ความแรงสนามไฟฟ้า หน่วย N/c

Q= ประจุแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดสนาม หน่วย Coulomb

R = ระยะจากแหล่งกำเนิดถึงจุดที่ต้องการทราบค่าสนาม หน่วยเป็นเมตร

นิยามสนามไฟฟ้า เป็นแรงต่อประจุ 1 coul.

$$\therefore \text{สนาม } E = \frac{(F)}{(q)}$$

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

$$F = qE$$

สรุป การหาความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ

- (1) เขียนรูป แสดงตำแหน่งประจุเข้าของสนาม
- (2) นำประจุ +1 คูლობ์ ไปวางไว้ ณ จุดที่จะหาความเข้มของสนามไฟฟ้า
- (3) เขียนทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุ +1 คูლობ์ ณ จุดนั้นด้วย
- (4) หาความเข้มของสนามไฟฟ้า จากสูตร

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

#### ข้อสังเกต

- (1) ถ้านำประจุบวกไปวางในสนามไฟฟ้าของประจุบวกความเข้มข้นของสนามไฟฟ้ากับแรงบนประจุไฟฟ้าจะมีทิศเดียวกัน
- (2) ถ้านำประจุลบไปวางในสนามไฟฟ้าของประจุลบ ความเข้มของสนามไฟฟ้ากับแรงบนประจุไฟฟ้าจะมีทิศตรงกันข้าม
- (3) ถ้านำประจุบวกไปวางในสนามไฟฟ้าของประจุลบ ความเข้มของสนามไฟฟ้ากับแรงบนประจุไฟฟ้าจะมีทิศเดียวกัน
- (4) ถ้านำประจุลบไปวางในสนามไฟฟ้าของประจุบวก ความเข้มของสนามไฟฟ้ากับแรงบนประจุไฟฟ้าจะมีทิศตรงกันข้าม

### 2.5 จุดสะเทินในสนามไฟฟ้า

จุดสะเทินในสนามไฟฟ้า หมายถึง จุดในสนามไฟฟ้าซึ่งมีค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ทั้งนี้ เนื่องจาก ณ จุดนั้นอาจปรากฏมีสนามไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุดสองสนาม มีความเข้มของสนามไฟฟ้าเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม อำนาจไฟฟ้าจึงหักล้างกันหมด หรือหาก ณ จุดนั้นมีสนามไฟฟ้ามากกว่า สองสนาม แต่ค่าความเข้มและทิศทางของสนามไฟฟ้าเหล่านั้น อยู่ในลักษณะที่อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด จุดนั้นเป็นจุดสะเทินได้

ในกรณีซึ่งมีสนามไฟฟ้าสองสนาม ซึ่งเกิดจากประจุไฟฟ้าสองประจุวางใกล้กัน จุดสะเทินที่เกิดขึ้นจะอยู่ในแนวเส้นตรงที่ลากผ่านประจุไฟฟ้าทั้งสอง นั้นมีหลักเกณฑ์ดังนี้

(ก) ถ้าประจุไฟฟ้าทั้งสองเป็นประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน ตำแหน่งจุดสะเทินจะอยู่ระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง ถ้าประจุไฟฟ้าทั้งสองมีปริมาณไฟฟ้าเท่ากัน จุดสะเทินจะอยู่ที่ตรงกึ่งกลางระยะ ถ้าประจุไฟฟ้าทั้งสองมีปริมาณไฟฟ้าไม่เท่ากัน จุดสะเทินจะอยู่ใกล้กับประจุไฟฟ้าที่มีปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่า



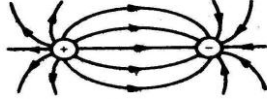
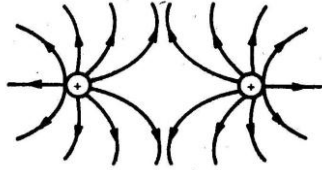
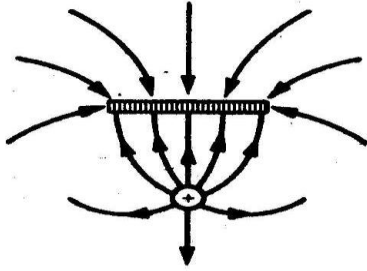
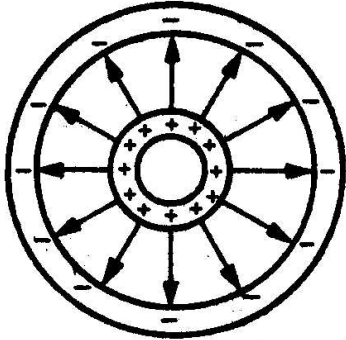
(ข) ถ้าประจุไฟฟ้าทั้งสองเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน กรณีนี้ถ้าประจุไฟฟ้าทั้งสองมีปริมาณไฟฟ้าเท่ากันจะไม่มีจุดสะเทินเกิดขึ้น ถ้าประจุไฟฟ้าทั้งสองมีปริมาณไฟฟ้าไม่เท่ากัน จะเกิดจุดสะเทินอยู่นอกระยะระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง โดยอยู่ใกล้กับประจุไฟฟ้าที่มีปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่า

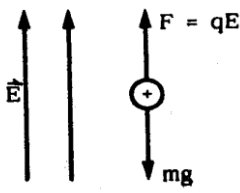
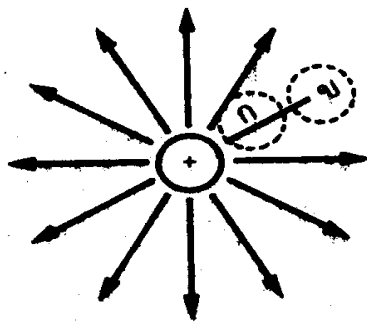
หมายเหตุ 1. สูตร  $E = \frac{KQ}{r^2}$  เป็นสูตรเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า

2.  $E = \frac{F}{q}$  เป็นสูตรเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าที่มีแรงมาเกี่ยวข้อง

3. สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น เวลาที่มีหลายสนามต้องรวมแบบเวกเตอร์

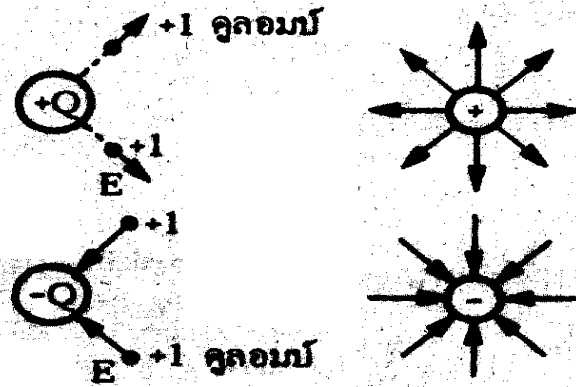
ทดสอบความเข้าใจ	
คำถาม	คำตอบ
1. สนามไฟฟ้าหมายถึงอะไร	1. บริเวณหรือขอบเขตที่ประจุไฟฟ้าส่งแรงออกไปถึงได้
2. เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบ (Test charge) ไปไว้ในสนามไฟฟ้า จะเกิดอะไรขึ้น	2. จะเกิดแรงบนประจุทดสอบนั้นอย่างน้อยแค่ไหนนั้น ขึ้นอยู่กับประจุต้นเหตุที่ทำให้เกิดสนาม
3. ถ้าเอาประจุขนาด 1 coulomb ไปไว้ในสนาม จะเกิดอะไรขึ้น	3. จะเกิดแรงบนประจุนั้น แรงที่เกิดคือ สนามไฟฟ้าที่จุดนั้น
4. ระยะอนันต์ของสนามไฟฟ้า หมายถึงอะไร	4. หมายถึงระยะที่มีค่าน้อยที่สุดที่สนามแรงออกมาถึง
5. เส้นแรงไฟฟ้าคืออะไร มีทิศทางอย่างไร	5. คือแนวที่ประจุส่งแรงกระทำต่อกัน มีทิศพุ่งออกจากประจุบวก เข้าสู่ประจุลบ
6. จุดสะเทินในสนามไฟฟ้าคืออะไร	6. จุดซึ่งมีค่า ของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์
7. จุดสะเทินเกิดจากอะไร	7. สนามไฟฟ้า 2 สนาม หรือมากกว่า. ส่งแรงมากระทำที่จุดเดียวกัน และทำให้แรงรวมที่จุดนั้นเป็นศูนย์
8. ถ้าประจุชนิดเดียวกัน 2 ประจูดูด้วยกัน	8. ภายในแนวเส้นตรงระหว่างประจุทั้งสองและอยู่ใกล้ประจุที่มีค่าน้อยกว่า
9. ประจุต่างชนิดกัน 2 ประจูดูด้วยกันจุดสะเทินอยู่ที่ไหน	9. อยู่ภายนอกในแนวเส้นตรงต่อระหว่างประจุทั้งสอง ออกไปทางประจุน้อยกว่า
10. การคำนวณตำแหน่งจุดสะเทินมีหลักอย่างไร ใช้สูตรอะไร	10. $E_1 - E_2 = 0$ $E_1 = E_2$ $\frac{KQ_1}{r_1^2} = \frac{Kq_2}{r_2^2}$ $r_1, r_2 =$ ระยะจากประจูดังจุดสะเทิน

<p>11.เส้นแรงแม่ไฟฟ้าระหว่างประจุบวกและลบ 2จุด</p>	<p>11.พุ่งออกจากประจุบวกและพุ่งเข้าประจุลบ</p> 
<p>12.เส้นแรงแม่ไฟฟ้าระหว่างประจุบวก 2 จุดเป็น อย่างไร</p>	<p>12.</p> 
<p>13.เส้นแรงแม่ไฟฟ้าระหว่างจุดบวก กับแผ่นลบ เป็นอย่างไร</p>	<p>13.</p> 
<p>14.เส้นแรงแม่ไฟฟ้าระหว่างทรงกระบอกซึ่งบวก กับลบซ้อนกันเป็นมีประจุอย่างไร</p>	<p>14.</p> 

ทดสอบความเข้าใจ	
คำถาม	คำตอบ
1. การหาแรงดูดและแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้า ต้องใช้สูตรของใคร สูตรเป็นอย่างไร K เป็นค่าของอะไร	1. $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$ K = ค่าคงที่ของตัวกลางที่ประจุอยู่ $= 9 \times 10^9 \text{ N-m}^2/\text{C}^2$
2. การหาความเข้มข้นของสนามไฟฟ้าต้องใช้สูตรใด	2. $E = \frac{KQ}{r^2}$
3. แรง F และสนามไฟฟ้า E มีความสัมพันธ์กันอย่างไร	$F = QE$ 3. $\frac{F}{Q} = E$
4. ความเข้มข้นของสนามไฟฟ้าที่จุดใดจุดหนึ่ง หมายความว่าอย่างไร	4. หมายถึงแรงที่เกิดขึ้นบนประจุ +1 coulomb ที่วางที่จุดนั้น ถ้ามีประจุ +Q อยู่ที่จุดนั้นย่อมเกิดแรง $F = QE$
5. เส้นแรงไฟฟ้าของประจุบวกเป็นอย่างไร	5. พุ่งออกจากประจุบวก
6. เส้นแรงไฟฟ้าของประจุลบเป็นอย่างไร	6. พุ่งเข้าหาประจุ
7. อิเล็กตรอน 1 ตัวมีประจุเท่าใด	7. $1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์
8. อิเล็กตรอน 1 ตัวมีมวลเท่าใด	8. $9 \times 10^{-31}$ กิโลกรัม
9. ถ้าประจุบวกลอยนิ่งได้ สนามไฟฟ้าจะไปทาง	9. 
10. บริเวณที่ความเข้มของสนามไฟฟ้ามาก จำนวนเส้นแรงบริเวณนั้น จะเป็นอย่างไร (มากหรือน้อย) ตามรูป วง ก และ ข ขนาดเท่ากัน	10.  <p>เส้นแรงมากแสดงว่าความเข้มมาก  <math>\therefore</math> ที่ ก มีความเข้มมากกว่า ข</p>

หมายเหตุ เส้นแรงไฟฟ้า จะแสดงทิศของสนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้าจะมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก และมีทิศพุ่งเข้าสู่ประจุลบ



10. สนามไฟฟ้าที่จุดใดๆ คือ

- ก. ศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยระยะทางของจุดนั้น
- ข. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้น
- ค. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้น
- ง. จำนวนเส้นที่แสดงทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุทดสอบ

เฉลยข้อ ข

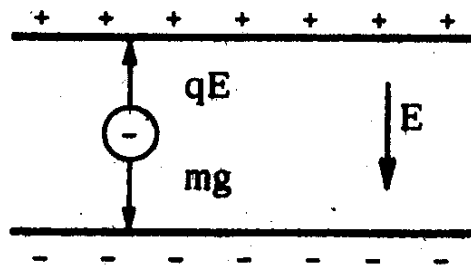
แนวคิด สนามไฟฟ้า เป็นแรงที่กระทำต่อประจุ +1 คูลอมป์ ที่นำมาวาง ณ จุดนั้น

11. ทรงกลมมีประจุลบ สามารถลอยนิ่งในบริเวณที่สนามไฟฟ้ามีทิศ

- ก. พุ่งขึ้นในแนวตั้ง ข. พุ่งลงในแนวตั้ง ค. ตั้งฉากกับทรงกลม ง. ผิดทุกข้อ

เฉลยข้อ ข

แนวคิด



12. ถ้ามีหยดน้ำมันเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กทิศของแรงกระทำต่อหยดน้ำมันขึ้นอยู่กับ

- ก. จำนวนประจุที่อยู่บนหยดน้ำมัน
- ข. ชนิดของประจุที่อยู่บนหยดน้ำมัน
- ค. ขนาดของความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก
- ง. ไม่มีข้อใดถูก

เฉลย ข

แนวคิด แรงที่กระทำจะผิดกัน อย่างเห็นได้ชัด คือ เบนในทิศทางตรงข้ามกันเลย ถ้าชนิดของประจุต่างกัน

13. ถ้าอิเล็กตรอนอยู่ในสนามไฟฟ้าดังรูป จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับอิเล็กตรอนถ้าอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้า =  $q$  คูลอมบ์

สนามไฟฟ้ามีค่า =  $E$

ก. มีแรงกระทำเท่ากับ  $qE$  ในทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า

ข. มีแรงกระทำเท่ากับ  $qE$  ในทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า

ค. มีแรงกระทำ  $\frac{E}{q}$  ในทิศตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า

ง. มีแรงกระทำ  $\frac{E}{q}$  ในทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า

เฉลย

แนวคิด สนามไฟฟ้าเป็นแรงที่กระทำต่อประจุ  $+1$  คูลอมบ์ ดังนั้น ถ้าประจุไฟฟ้าลบ ทิศของแรงที่เกิดขึ้นย่อมตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าเสมอ

14. จงเขียนกราฟแสดงสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นขนานที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า ระยะทางคิดจาก ศักย์สูงไปศักย์ต่ำ

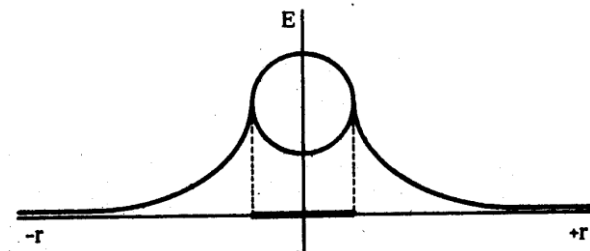
เฉลย

แนวคิด ได้  $\vec{E}$  คงที่ ระหว่างแผ่นขนาน

15. จงเขียนกราฟแสดงค่าสนามไฟฟ้าที่ระยะต่างๆ จากโลหะทรงกลม ซึ่งมีประจุ  $+Q$  เทียบกับระยะห่าง  $r$

เฉลย

แนวคิด



16. ข้อความใดที่ไม่ถูกต้อง

- ก. ไม่เกิดแรงกระทำต่ออนุภาคประจุไฟฟ้า เมื่ออนุภาคนั้นวางนิ่งอยู่ในสนามแม่เหล็ก
- ข. อิเล็กตรอนหรือโปรตอน จะเคลื่อนที่เป็นวงกลมในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ต่อเมื่อทิศทางของความเร็วตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็กเท่านั้น
- ค. สนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น เวเบอร์ / ตารางเมตร หรือเทสลา
- ง. เส้นลวดทองแดงวางในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำบนเส้นลวดในทิศตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก
- จ. แม่เหล็กจะต้องมีสองขั้ว คือขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ

เฉลย ข

แนวคิด ถ้าไม่ตั้งฉาก ประจุเคลื่อนที่เป็นวงกลมได้ แต่เป็นวงกลมแบบเกลียว ( Helix )

17. แท่งแก้วถูด้วยแพร เกิดประจุไฟฟ้าได้เพราะ

- ก. การทำให้มีประจุชนิดหนึ่งเกิดขึ้นมา
- ข. ประจุถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง
- ค. ประจุเกิดจากแรงเสียดทาน
- ง. ประจุเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวล

เฉลย ข

18. เมื่อนำแท่งแก้วกับผ้าไหม จะพบว่าวัตถุทั้งสองกลายเป็นวัตถุที่มีประจุ การที่วัตถุทั้งสองมีประจุได้เนื่องจาก

- ก. ประจุถูกสร้างขึ้น
- ข. การแยกของประจุ
- ค. การเสียดสี
- ง. แรงที่ถู

เฉลย ข

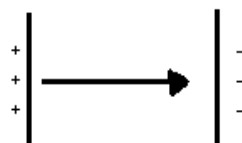
แนวคิด วัตถุที่เป็นกลาง เพราะมีประจุ + กับ - เท่ากัน เมื่อเอาผ้าไหมถูด้วยแท่งแก้ว จะเกิดแรงแยกของประจุ ทำให้วัตถุทั้งสองมีประจุไฟฟ้า

19. ขนาดของสนามไฟฟ้าในบริเวณระหว่างแผ่นโลหะที่มีประจุต่างชนิดกัน จะมีค่าเป็นอย่างไร

- ก. ศูนย์
- ข. สม่ำเสมอตลอดบริเวณ
- ค. มากเมื่อเข้าใกล้แผ่นประจุบวก
- ค. มากเมื่อเข้าใกล้แผ่นประจุลบ

เฉลย ข

แนวคิด ถ้าโลหะสองแผ่นขนาดเท่ากัน ประจุเท่ากันย่อมทำให้เกิดสนามไฟฟ้าคงที่ตลอดบริเวณ



20. ข้อความต่อไปนี้กล่าวได้ถูกต้อง

1. สนามเอกขั้วมีค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าคงที่เสมอ
2. ประจุที่เคลื่อนที่ในสนามเอกขั้วจะมีความเร็วคงที่เสมอ
3. ความเข้มของสนามไฟฟ้าภายในทรงกลมตัวนำเป็นศูนย์เสมอ
4. ความเข้มของสนามไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์

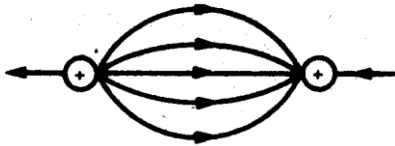
คำตอบที่ถูกต้อง คือ

- ก. 1,2,3, และ 4      ข. 1,2,3      ค. 1,3      ง. 1,2,4

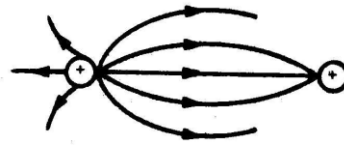
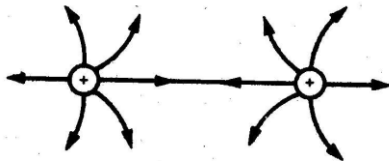
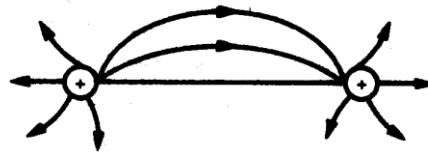
เฉลย ค.

21. ทรงกลมที่มีประจุ 2 ทรงกลม ต่างมีประจุบวกที่มีขนาดเท่ากัน วางห่างกันระยะทางขนาดหนึ่ง เส้น แรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในข้อใดถูกต้อง

ก.



ข.



ค.

ง.

ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ตอบข้อ 22-23

หยดน้ำมันเล็กๆ หยดหนึ่งมีมวล 16 มิลลิกรัม ลอยนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าซึ่งมีความเข้ม  $10^{-7} N/c$  ถ้าประจุไฟฟ้าของหยดน้ำมันนี้เกิดจากอิเล็กตรอนมีมากเกินจำนวนโปรตรอน

22. หยดน้ำมันอิเล็กตรอนอิสระกี่อนุภาค

- ก.  $10^{22}$       ข.  $10^{21}$       ค.  $10^{20}$       ง.  $10^{19}$

เฉลย ก

แนวคิด

$$\begin{aligned} \uparrow &= \downarrow \\ qE &= mg \\ n(1.6 \times 10^{-19})10^7 &= \frac{16}{10^6} \times 10 \end{aligned}$$

$$n = 10^{22} \quad \text{อนุภาค}$$



23. จงหาประจุไฟฟ้าของหยดน้ำมัน (คูลอมบ์)

ก.1500

ข.1000

ค.1200

ง.1600

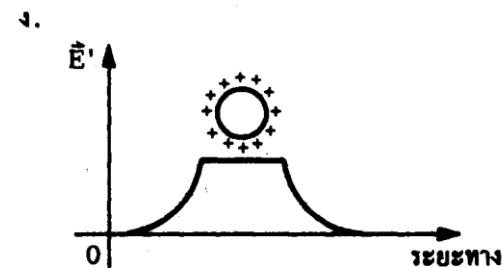
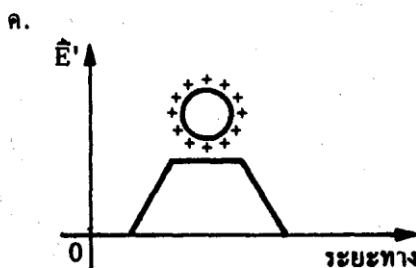
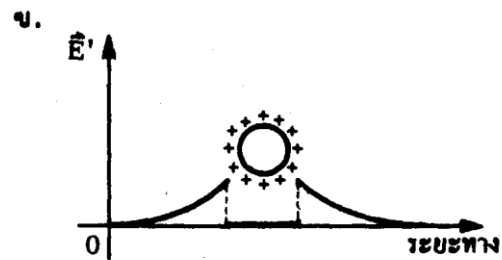
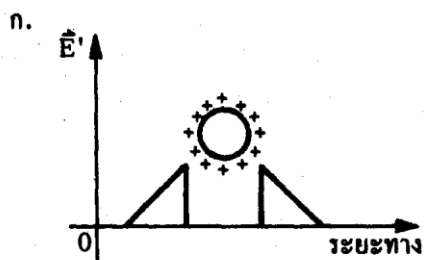
เฉลย ง

แนวคิด  $q = ne$

$$= 10^{22} (1.6 \times 10^{-19})$$

$$= 1600 \text{ คูลอมบ์}$$

24. รูปแสดงสนามไฟฟ้าของทรงกลมตัวนำเทียบกับระยะทางต่อไปนี้ ข้อใดที่ท่านเห็นว่าถูกต้อง



เฉลย ข

แนวคิด เป็นกราฟ Hyperbola , สนามไฟฟ้าภายในทรงกลมเท่ากับศูนย์

25. ลูกพิชมวล  $m$  กิโลกรัมมีประจุไฟฟ้า  $+Q$  คูลอมบ์ เคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ  $E$  นิวตันต่อคูลอมบ์ซึ่งตั้งฉากกับผิวโลก ปรากฏว่าลูกพิชลอยขึ้นโดยขนานกับสนามไฟฟ้าจากจุด  $A$  ไปจุด  $B$  ด้วยความเร็ว  $a$  เมตรต่อวินาทีกำลังสอง ถ้าจุด  $B$  อยู่สูงกว่าจุด  $A$  เป็นระยะ  $d$  เมตร และความเร่งโน้มถ่วงของโลกคือ  $g$  ความต่างศักย์ระหว่างจุด  $B$  กับจุด  $A$  มีค่าเท่าใดและสนามไฟฟ้า  $E$  นี้มีทิศพุ่งเข้าหรือพุ่งออกจากผิวโลก

เฉลย แนวคิด

$$\Sigma E = ma$$

$$qE = ma$$

$$q \frac{v}{d} - mg = ma$$

$$v = \frac{md}{q} (g - a)$$

