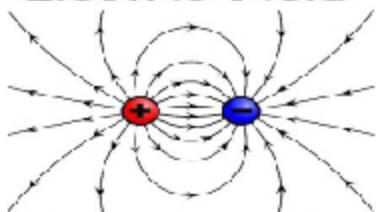




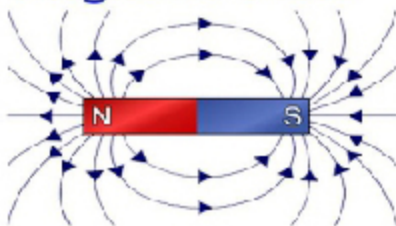
วิทยาศาสตร์ช่าง

- สนามไฟฟ้า
- สนามแม่เหล็ก

Electric Field



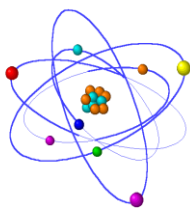
Magnetic Field



Similarities and Dissimilarities between Electric Field and Magnetic Field

ราคา
249
บาท

เรียบเรียงโดย : คู่มือการทดลองวิทยาศาสตร์
คณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน กรุงเทพมหานคร



อนามไฟฟ้า-อนามแม่เหล็ก

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

250/1 หมู่ 1 ต.บ้านแพ้ว อําเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร 74120

E - mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ หจก.SPS 1999 ม.เพชรอนันต์ เขตคันนาขาว กรุงเทพฯ ๑ 10230 โทร 086-341-1410

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

สุชาติ สุภาพ

อนามไฟฟ้า - อนามแม่เหล็ก

530

ISBN 978-616-485-126-9

คำนำ

หนังสือเรื่อง สนามไฟฟ้า - สนามแม่เหล็ก นี้ เรียบเรียงขึ้นสำหรับนักศึกษา ปวช. ,ปวส. และระดับมหาวิทยาลัยที่ต้องการหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก หนังสือนี้พาดพิงถึงผู้อ่านด้วยภาษาต่างๆ คณิตศาสตร์ที่ใช้ก็พาดพิงทำทุกชั้นตอน ราคาของหนังสืออาจจะแพงไปบ้าง เนื่องจากเป็นการจัดทำแบบปรี้นท์ หวังว่าผู้อ่านคงจะเข้าใจและให้การสนับสนุน

หนังสือนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา เตชะมะหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รองศาสตราจารย์ระ รอดสัมพันธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญบุณยธรรมมา (ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นระดับอุดมศึกษา) ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์

นอกจากนั้นยังได้รับความช่วยเหลือจากผู้บริหารมหาวิทยาลัยฯ ทุกระดับชั้น ที่สนับสนุนส่งเสริมการทำผลงานวิชาการ และส่งเสริมการให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชน และสังคม จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อไม่ได้ สามารถสั่งซื้อได้ทางไลน์ หรือเฟสบุ๊คสุชาติ สุภาพ

สุชาติ สุภาพ

โทรศัพท์ 083-920-3825



ID LINE

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 สนามไฟฟ้า	4
1.1 สมบัติของประจุไฟฟ้า	19
1.2 จำนวนและตัวนำไฟฟ้า	21
1.3 กฎของคูลอมบ์	28
1.4 สนามไฟฟ้า	37
1.5 สนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ	52
1.6 เส้นสนามไฟฟ้า	61
1.7 การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	65
บทที่ 2 กฎของเกาส์	76
2.1 ฟลักซ์ไฟฟ้า	76
2.2 กฎของเกาส์	84
2.3 การประยุกต์กฎของเกาส์ต่อจำนวนที่มีประจุไฟฟ้า	98
2.4 ตัวนำในสมดุลไฟฟ้าสถิต	110
2.5 การตรวจสอบการทดลองของกฎของเกาส์	116
บทที่ 3 ศักย์ไฟฟ้า	121
3.1 ความต่างศักย์ และศักย์ไฟฟ้า	127
3.2 ความต่างศักย์ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	130
3.3 ศักย์ไฟฟ้าและพลังงานศักย์เนื่องจากจุดประจุ	134
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้า	169
3.5 ศักย์ไฟฟ้าจากประจุที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ	178
3.6 ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากตัวนำที่ได้รับการประจุ	188
บทที่ 4 สนามแม่เหล็ก	69
4.1 ความเป็นแม่เหล็กของสาร เกิดขึ้นได้อย่างไร	69
4.2 สนามแม่เหล็กโลก	70
4.3 แรงแม่เหล็ก ที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า	71
4.4 การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ในสนามแม่เหล็ก	80
4.5 แรงแม่เหล็กบนตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า	89
4.6 แรงบิดที่กระทำต่อลูปกระแสที่อยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ	98
4.7 การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ในสนามแม่เหล็ก	104

สารบัญ

	หน้า
4.8 ปฏิกิริยาการเหนี่ยวนำ	111
บทที่ 5 แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็ก	115
5.1 กฎของบิโอต์ - ซาวาร์ต	116
5.2 แรงแม่เหล็กระหว่างลวดตัวนำสองเส้นขนานกัน	137
5.3 กฎของแอมแปร์	144
5.4 สนามแม่เหล็กของขดลวดโซลินอยด์	152
5.5 ฟลักซ์แม่เหล็ก	159
5.6 กฎของเกาส์สำหรับสนามแม่เหล็ก	162
5.7 กระแสการกระจัด และกฎของแอมแปร์ที่พิจารณากระแสการกระจัด	163
บทที่ 6 กฎของฟาราเดย์	170
6.1 กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์	171
6.2 กฎของเลนซ์	172
6.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก	188
6.4 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และสนามไฟฟ้า	199
6.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	201
6.6 กระแสไหลวน	204

%%%%%%%%%

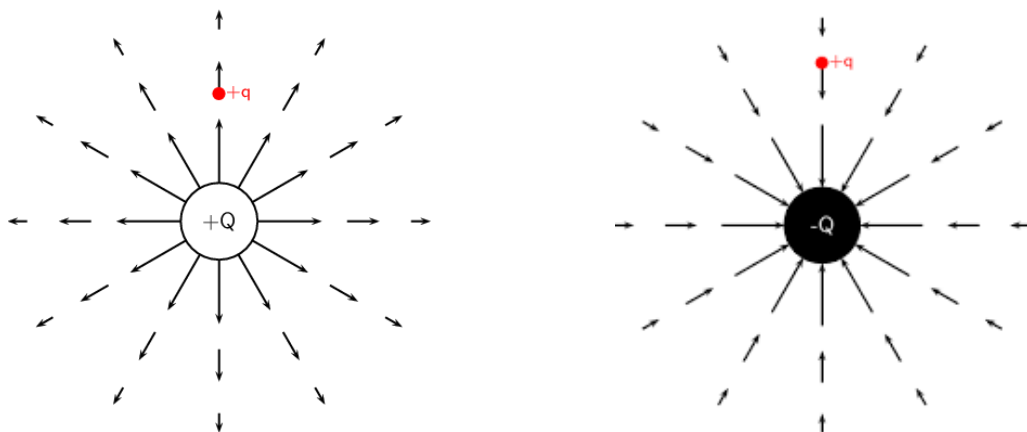
บทที่ 1

สนามไฟฟ้า (electric field)

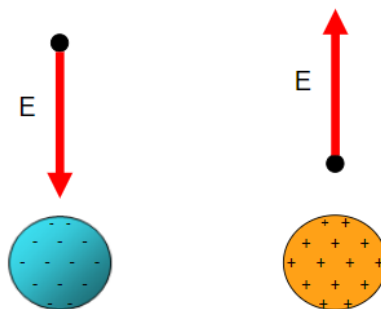


รูป 1.1 บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้าจะมีสนามไฟฟ้า

ถ้านำประจุทดสอบ q_0 เข้ามาในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงกระทำต่อประจุทดสอบ อัตราส่วนของแรงที่สนามนั้นกระทำกับประจุทดสอบต่อหนึ่งหน่วยประจุทดสอบ เรียกว่าความเข้มสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้น

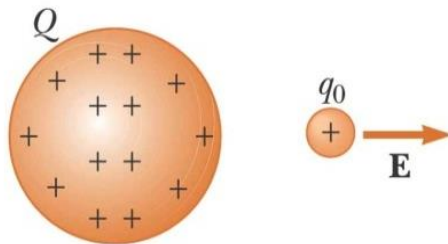


รูป 1.2 ประจุทดสอบในสนามไฟฟ้าของประจุบวกและลบ



รูป 1.3 สนามไฟฟ้าของประจุลบมีทิศพุ่งเข้าหาประจุ สนามไฟฟ้าของประจุบวกมีทิศพุ่งออกจากประจุ

ทิศทางของสนามไฟฟ้า คือทิศทางของแรงที่กระทำบนประจุทดสอบที่เป็นบวกดังรูป 1.4



รูป 1.4 ทิศของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุทดสอบ คือทิศของสนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้า หมายถึง " บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้า สามารถส่งอำนาจไปถึง " หรือ " บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำ " หรือสนามไฟฟ้าหมายถึงแรงไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ หรือเขียน

เป็นสมการได้ว่า

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}_E}{q_0} \quad (1-1)$$

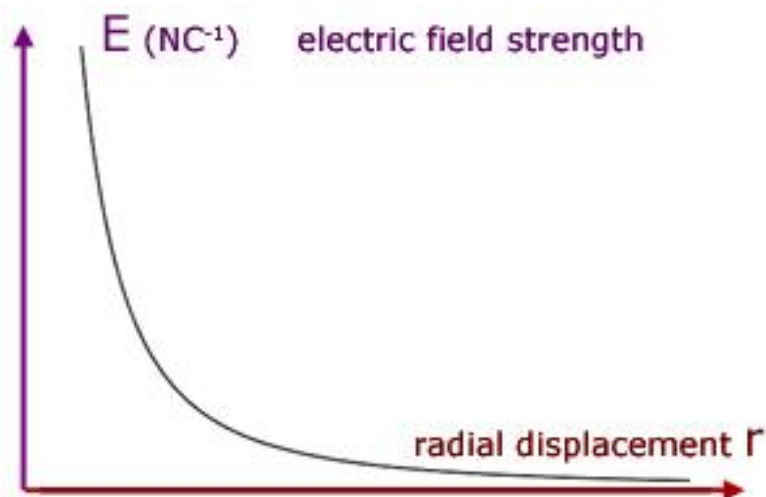
หน่วยของสนามไฟฟ้าคือ นิวตันต่อคูลอมบ์ หรือโวลต์ต่อเมตร

$$\mathbf{F}_E = k \frac{qq_0}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (1-2)$$

แทนสมการ (1-2) ในสมการ (1-1) ได้

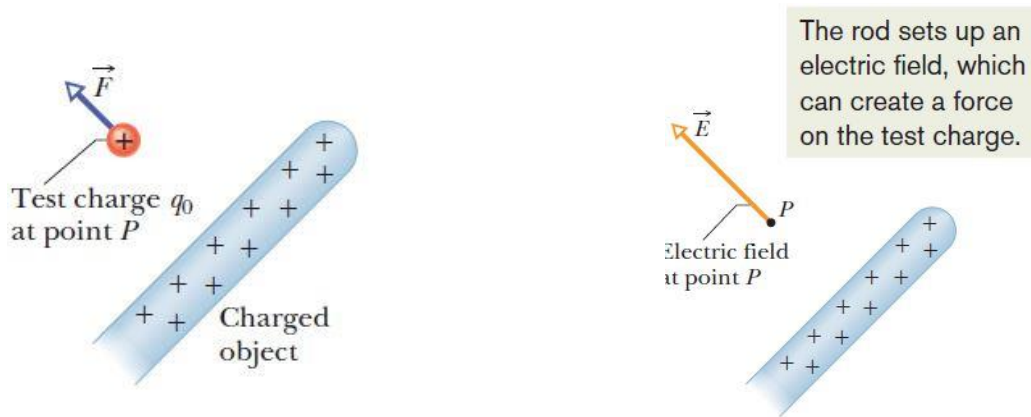
$$\mathbf{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (1-3)$$

สมการ (1-3) มีความหมายว่า สนามไฟฟ้าแปรตามขนาดของประจุ และแปรผกผันกับระยะห่างกำลังสอง

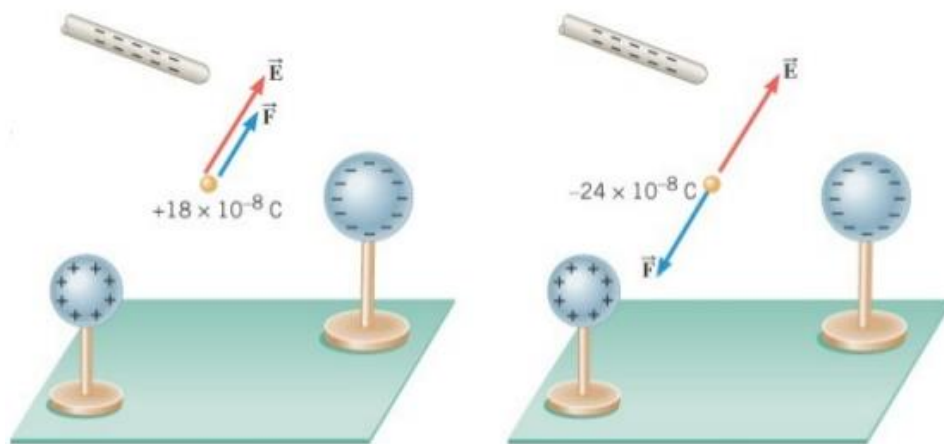


รูป 1.5 สนามไฟฟ้ามีค่าลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น

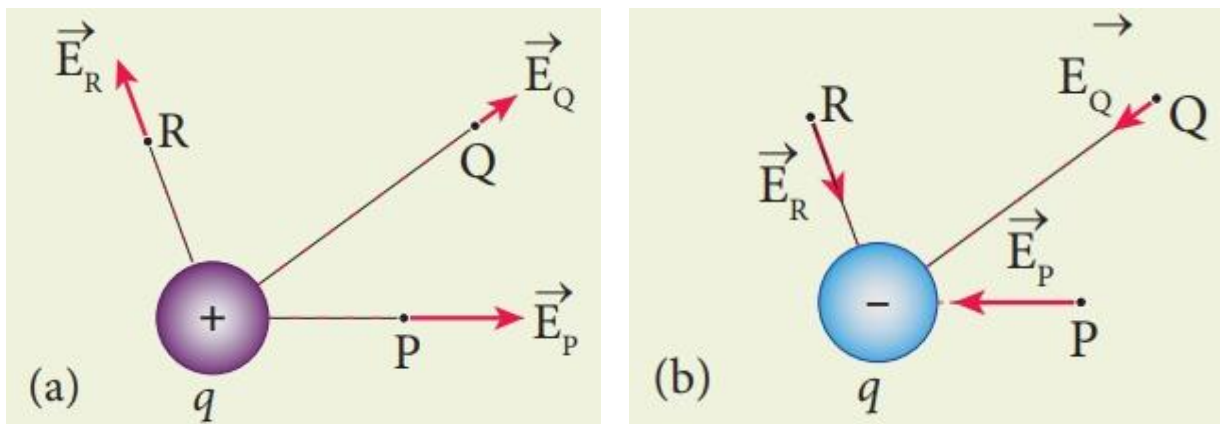
สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใดๆ คือ แรงไฟฟ้าต่อประจุทดสอบบวกที่ตำแหน่งนั้น โดยทิศของสนามไฟฟ้ามีทิศตามทิศของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุทดสอบบวก



รูป 1.6 ประจุทดสอบบวกได้รับแรงกระทำมีทิศไปทางไหน แสดงว่าสนามไฟฟ้ามีทิศไปทางนั้น



รูป 1.7 สนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับความที่สนามไฟฟ้ากระทำต่อประจุบวก แต่มีทิศตรงข้ามกับความที่กระทำต่อประจุลบ



รูป 1.8 (a) สนามไฟฟ้าของประจุ + มีทิศพุ่งออกจากประจุ + (b) สนามไฟฟ้าของประจุ - มีทิศพุ่งเข้าหาประจุ -

ตัวอย่าง ลูกโป่งทรงกลมรัศมี 5 เซนติเมตร ผิวฉนวนนอกเคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้า และมีประจุไฟฟ้า $5 \times 10^{-7} \text{ C}$ เมื่อทำให้ลูกโป่งขยายตัวจนมีรัศมี 10 เซนติเมตร จงหา

ก) สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของลูกโป่ง 20 เซนติเมตร ทั้งสองกรณี

ข) สนามไฟฟ้าที่ผิวของลูกโป่งทั้งสองกรณี

ค) สนามไฟฟ้าภายในลูกโป่งทั้งสองกรณี

วิธีทำ จาก

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

ก) สนามไฟฟ้าทั้งสองกรณี
$$E = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2)(5 \times 10^{-7} \text{ C})}{(20 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$E = 1.12 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ตอบ

$$E_{5\text{cm}} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2)(5 \times 10^{-7} \text{ C})}{(5 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

ข) สนามไฟฟ้าที่ผิวของลูกโป่ง
$$E_{5\text{cm}} = 1.8 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ตอบ

$$E_{10\text{cm}} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2)(5 \times 10^{-7} \text{ C})}{(10 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

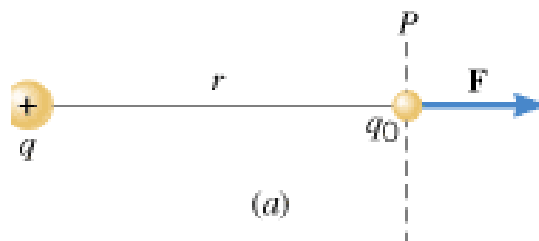
ข) สนามไฟฟ้าที่ผิวของลูกโป่ง
$$E_{10\text{cm}} = 4.5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ตอบ

ค) สนามไฟฟ้าภายในลูกโป่งทั้งสองกรณี = 0 เนื่องจากจะไม่มีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำ

ตอบ

ตัวอย่าง 1.8 ประจุไฟฟ้าขนาด $q = +15$ ไมโครคูลอมบ์วางอยู่ที่ตำแหน่งหนึ่ง นำประจุทดสอบขนาด $q_0 = +0.80$ ไมโครคูลอมบ์มาใกล้ๆ ห่างจากประจูดังกล่าวเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตร ออกจากทราบประจุทดสอบจะได้รับแรงผลักเท่าใด ? และจุดดังกล่าวมีสนามไฟฟ้าเท่าใด ?



วิธีทำ ประจุทดสอบจะได้รับแรงผลัก
$$F_E = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$F_E = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2)(15 \times 10^{-6} \text{ C})(0.8 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.2 \text{ m})^2}$$

$$F_E = 2.7 \text{ N}$$

ตอบ

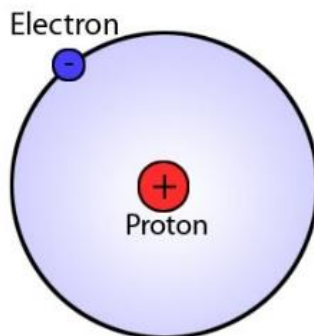
หาสนามไฟฟ้าที่จุดดังกล่าวได้จาก

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

$$E = \frac{2.7 \text{ N}}{0.8 \times 10^{-6} \text{ C}} = 3.4 \times 10^6 \text{ N/C}$$

ตอบ

ตัวอย่าง 1.9 ถ้าอะตอมของไฮโดรเจนมีลักษณะเป็นทรงกลม จงคำนวณหาสนามไฟฟ้าบริเวณพื้นผิวของอะตอม (ไม่คิดสนามไฟฟ้าของอิเล็กตรอน)



วิธีทำ จาก $E = \frac{kq}{r^2}$

รัศมีอะตอมของไฮโดรเจนมีค่าประมาณ $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$

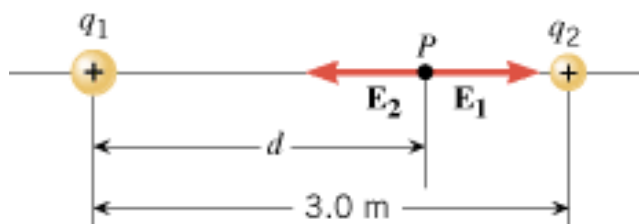
$$E = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$

สนามไฟฟ้าบริเวณผิวอะตอม

$$E = 5.13 \times 10^{11} \text{ N/C}$$

ตอบ

ตัวอย่าง 1.10 ประจุไฟฟ้า $q_1 = +16$ ไมโครคูลอมบ์ และ $q_2 = +4$ ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน 3 เมตร ดังรูป



จงหาระยะ d ที่ทำให้สนามไฟฟ้าที่จุด P มีค่าเท่ากับศูนย์

วิธีทำ ที่จุด P จะมีสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ เมื่อ

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{kq_2}{r_2^2}$$

หรือ

$$\frac{k(16 \times 10^{-6} \text{ C})}{d^2} = \frac{k(4 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3-d)^2}$$

$$\frac{16}{d^2} = \frac{4}{(3-d)^2}$$

$$16(3-d)^2 = d^2$$

$$16(9-6d+d^2) = 4d^2$$

$$144-96d+12d^2 = 4d^2$$

$$d^2 - 8d + 12 = 0$$

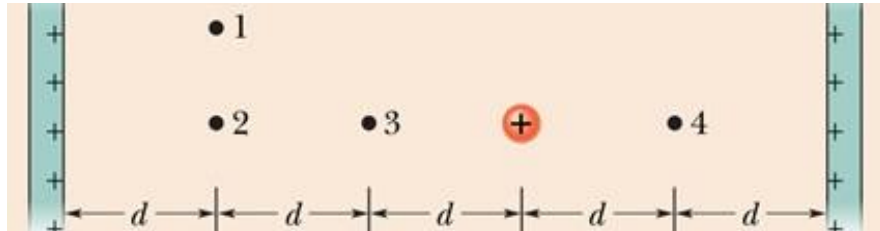
$$(d-2)(d-6) = 0$$

$$d = 2 \text{ เมตร หรือ } 6 \text{ เมตร}$$

จุด P ที่จะทำให้สนามไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าทั้งสองมีค่าเท่ากันมี 2 จุดด้วยกันคือ จุดที่ระยะ d เท่ากับ 2 และ 6 เมตร แต่จุดที่จะทำให้สนามไฟฟ้าที่จุดนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์จะมีจุดเดียวคือจุดที่ $d = 2$ เมตร เพราะว่าที่จุดนี้ สนามไฟฟ้าจากประจุทั้งสองมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม

ตอบ

ตัวอย่าง แผ่นประจุบวกสองแผ่นขนาดใหญ่มากวางขนานกัน และมีจุดประจุ $+q$ วางอยู่ ดังรูป อากทราบว่าคุณจุดใดมีความเข้มสนามไฟฟ้ามากที่สุดเรียงตามลำดับ



วิธีทำ เนื่องจากสนามไฟฟ้าจากแผ่นประจุที่อยู่ระหว่างแผ่นประจุทั้งสองจะหักล้างกันหมดไป ดังนั้นจึงเหลือเฉพาะสนามไฟฟ้าจากจุดประจุ $+q$ ดังนั้นสนามไฟฟ้าที่จุด 3 และ 4 จึงมีค่าเท่ากันและมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือจุด 2 และ 1 ตามลำดับ

ดังนั้น

$$4 = 3 > 2 > 1$$

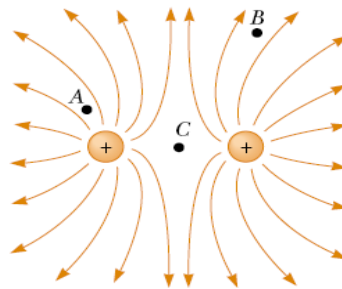
ตอบ

คำถามระหว่างบทเรียน

1) จากรูป อธิบายว่าความเข้มของสนามไฟฟ้าที่จุดกึ่งกลางมีค่าเท่าไร



2) จากรูป จุดใดในสนามไฟฟ้ามีความเข้มของสนามไฟฟ้ามากที่สุด และจุดใดสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์

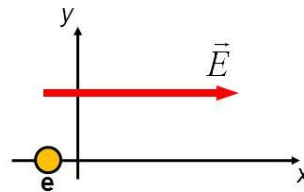


3) อิเล็กตรอนวางอยู่ในสนามไฟฟ้าดังรูป จงหา

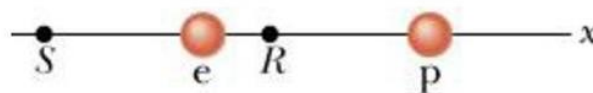
ก) ทิศของแรงที่อิเล็กตรอนได้รับจากสนามไฟฟ้า

ข) ทิศของความเร่ง

ค) ถ้าเริ่มต้นอิเล็กตรอนถูกยิงให้เคลื่อนที่ไปทางด้านขวามือ หลังจากนั้นอิเล็กตรอนจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร



4) อิเล็กตรอนและโปรตอนวางอยู่ในแนวแกน x ดังรูป จงหาทิศของสนามไฟฟ้าของอิเล็กตรอนที่จุด



ก) จุด S ก) จุด R

จงหาทิศของสนามไฟฟ้าสุทธิที่จุด

ค) จุด S ง) จุด R

5) ถ้าในกรอบสี่เหลี่ยมที่เป็นเส้นประเป็นบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอแต่ยังไม่ทราบทิศทาง เมื่อยิงอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปในบริเวณดังกล่าวแล้วอนุภาคมีการเคลื่อนที่ในทิศทางดังรูป อธิบายว่าสนามไฟฟ้าดังกล่าวมีทิศทางใด