ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สาระเพิ่มเติม)

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ว 33204

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า

นางวเรศ สาระพิชญ์

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ

โรงเรียนโนนค้อวิทยาคม อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นสื่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สาระเพิ่มเติม) โดยเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองหรือเป็นกลุ่ม มีการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจและมีจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือช่วยบ่งชี้ให้ครูผู้สอนทราบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในบทเรียน สามารถนำความรู้นั้นไปใช้ได้มากน้อยเพียงใด จนกระทั่งสามารถนำไปพัฒนาทักษะของนักเรียนได้

ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชุดนี้ มีบทเรียนจำนวนทั้งหมด 6 ชุด ดังนี้

- ชุดที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า
- ชุดที่ 2 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
- ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า
- ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า
- ชุดที่ 5 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า
- ชุดที่ 6 เรื่อง การใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าสถิต

ชุดนี้เป็นชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละชุดจะประกอบด้วย บัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม และบัตรแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พร้อมด้วยการ์ตูนที่ใช้สำหรับเสริมแรงและเพิ่มความน่าสนใจของชุดการเรียนการสอนด้วย

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุน ให้คำแนะนำ ชี้แนะในการจัดทำชุดกิจกรรมในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมชุดนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับนักเรียน ครูผู้สอน และผู้ที่สนใจ สามารถนำไปพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

นางวเรศ สาระพิชญ์

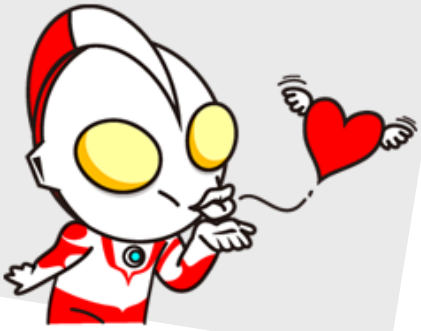
สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	1
สารบัญ	2
คำชี้แจงเกี่ยวกับการใช้ชุดการเรียนการสอน	3
คู่มือครู	4
คู่มือนักเรียน	5
แผนภูมิลำดับขั้นการใช้ชุดการเรียนการสอน	6
แบบทดสอบก่อนเรียน	7
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	10
จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้	11
บัตรคำสั่ง	13
บัตรเนื้อหา	14
บัตรกิจกรรม	36
แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม	37
เฉลยบัตรกิจกรรม	39
บัตรงาน	41
เฉลยบัตรงาน	43
บัตรฝึกทักษะ	45
เฉลยบัตรฝึกทักษะ	50
บัตรสรุปความรู้ (แผนผังมโนทัศน์)	55
แบบทดสอบหลังเรียน	56
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	59
กระดาษคำตอบ	60
แบบประเมินผลการใช้ชุดการเรียนการสอน	61
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน	62
แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	65
แบบประเมินผลความพึงพอใจ	67
บรรณานุกรม แหล่งสาระสนเทศและเวปไซต์	69

คำชี้แจงเกี่ยวกับการใช้ชุดการเรียนการสอน

คำชี้แจง

1. ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สาระเพิ่มเติม) รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว 33204 ใช้สอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. ชุดการเรียนการสอนชุดนี้ประกอบด้วย
   - 2.1 คำชี้แจงเกี่ยวกับชุดการเรียนการสอน
   - 2.2 แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน
   - 2.3 เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน
   - 2.4 บัตรคำสั่ง
   - 2.5 บัตรเนื้อหา
   - 2.6 บัตรกิจกรรม
   - 2.7 บัตรเฉลยกิจกรรม
   - 2.8 บัตรงาน
   - 2.9 บัตรเฉลยบัตรงาน
   - 2.10 บัตรฝึกทักษะ
   - 2.11 บัตรเฉลยบัตรฝึกทักษะ
   - 2.12 บัตรสรุปความรู้ (แผนผังมโนทัศน์)
3. ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า ใช้เวลาในการศึกษา 2 ชั่วโมง



คู่มือครู

คำชี้แจงสำหรับครู

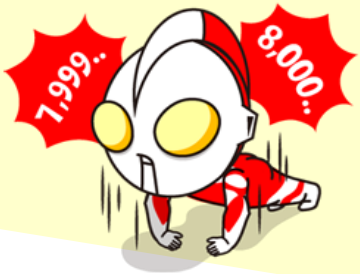
1. ครูเตรียมวัสดุอุปกรณ์ จัดชั้นเรียนให้พร้อม
2. ครูศึกษาเนื้อหาที่จะสอนให้ละเอียด และศึกษาชุดการเรียนการสอนให้รอบคอบ
3. ก่อนสอนครูต้องเตรียมชุดการเรียนการสอนไว้บนโต๊ะให้เรียบร้อย และให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ให้ได้รับคนละ 1 ชุด ยกเว้นสื่อการสอนที่ต้องใช้ร่วมกันทั้งกลุ่ม
4. ครูเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน และวัดผล ประเมินผล ให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้
5. การสอนแบ่งออกเป็น 3 ขั้น คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นการเรียนการสอน และขั้นสรุปบทเรียน
6. ก่อนสอนครูต้องชี้แจงให้นักเรียนศึกษาคู่มือนักเรียน ศึกษาการเรียนด้วยชุดการเรียนการสอน ตั้งแต่บัตรคำสั่ง แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม บัตรเฉลยกิจกรรม บัตรงาน บัตรเฉลยบัตรงาน บัตรฝึกทักษะ บัตรเฉลยบัตรฝึกทักษะ และบัตรสรุปความรู้
7. ขณะที่นักเรียนทุกกลุ่มปฏิบัติกิจกรรม ครูไม่ควรพูดเสียงดัง หากมีอะไรจะพูดต้องพูดเป็นรายกลุ่มหรือรายบุคคล ไม่รบกวนกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มอื่น
8. ขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม ครูต้องเดินดูการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด หากมีนักเรียนคนใดหรือกลุ่มใดมีปัญหา ครูควรเข้าไปให้ความช่วยเหลือจนปัญหานั้นคลี่คลาย
9. หากมีนักเรียนคนใดทำงานช้าเกินไป ครูต้องแยกออกมาทำกิจกรรมพิเศษ โดยหากิจกรรมที่เหมาะสมให้กับนักเรียนที่เรียนช้า
10. ถ้านักเรียนกลุ่มใดหรือคนใดทำงานเร็วเกินไป ครูควรให้ทำกิจกรรมพิเศษที่เตรียมไว้สำหรับนักเรียนที่เรียนเร็ว
11. เมื่อปฏิบัติกิจกรรมเสร็จ ครูต้องเน้นให้นักเรียนเก็บชุดการเรียนการสอนของตนไว้ในสภาพเรียบร้อย ห้ามถือติดมือไปด้วย
12. การสรุปบทเรียน ควรเป็นกิจกรรมร่วมของกลุ่ม หรือตัวแทนกลุ่มร่วมกัน

คู่มือนักเรียน

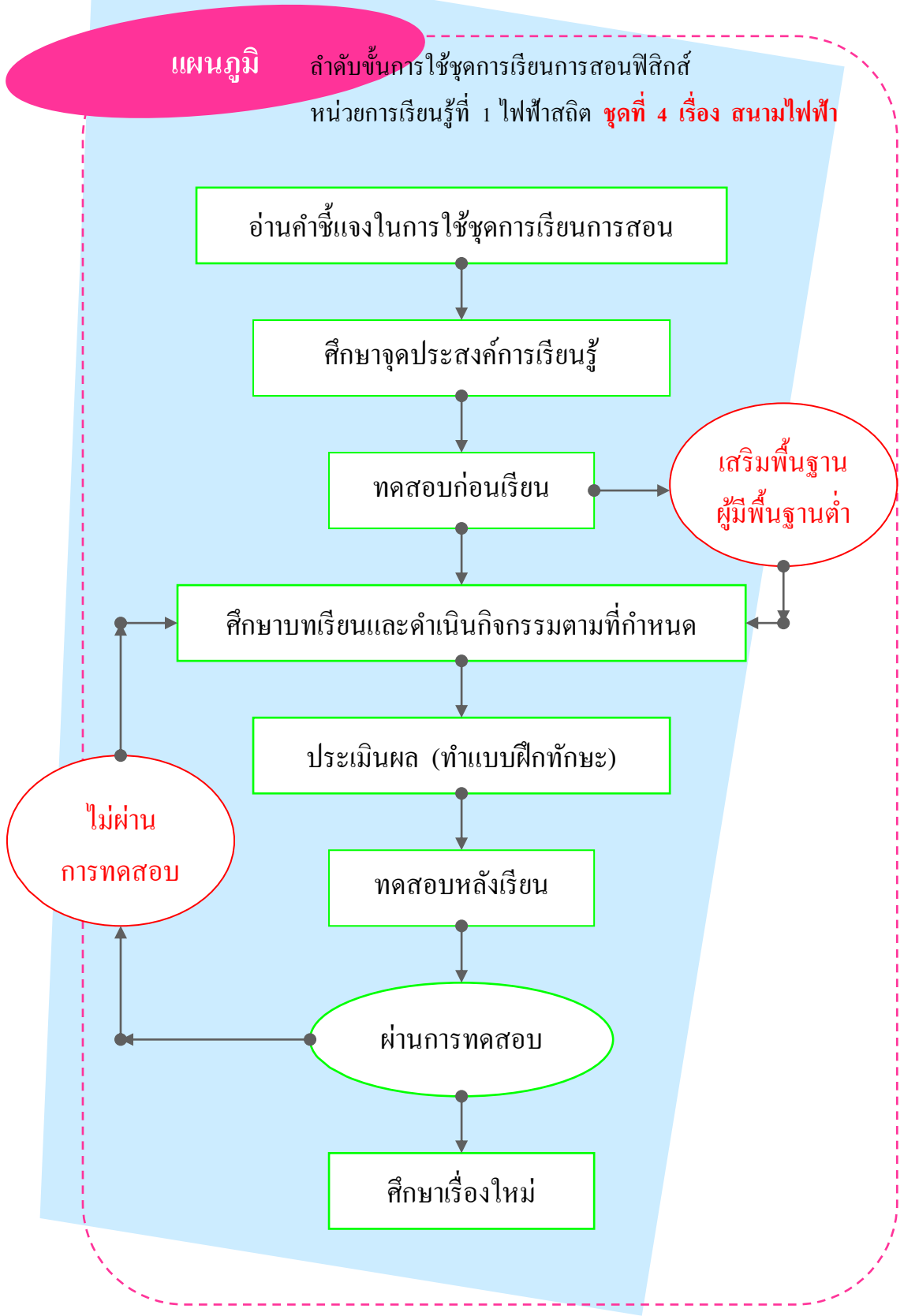
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

บทเรียนที่นักเรียนใช้อยู่นี้เรียกว่า **ชุดการเรียนการสอน** ที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง โดยมีจุดประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจ และสามารถแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างมีขั้นตอน โดยนักเรียนจะได้รับประโยชน์จากชุดการเรียนการสอน ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ด้วยการปฏิบัติตามคำแนะนำต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด

1. ห้ามขีดเขียนสิ่งต่าง ๆ ลงในชุดการเรียนการสอนเล่มนี้
2. นักเรียนอ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนลงมือศึกษาชุดการเรียนการสอน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 10 ข้อ แล้วตรวจคำตอบจากเฉลย
4. ชุดการเรียนการสอนนี้สำหรับศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนต้องดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนดไว้ในเอกสารสำหรับนักเรียนจนครบทุกขั้นตอน
5. นักเรียนต้องอ่านเนื้อหาไปตามลำดับทีละหน้าต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่หน้าแรกจนหน้าสุดท้าย จะข้ามหน้าใดหน้าหนึ่ง ***ไม่ได้***
6. ถ้ามีคำสั่ง คำถามหรือแบบฝึกทักษะ นักเรียนต้องปฏิบัติตามทุกอย่าง
7. นักเรียนต้องซื่อสัตย์ต่อตนเอง ***ไม่ดูเฉลย*** ก่อนที่จะใช้ความสามารถในการตอบคำถามด้วยตัวเอง เพราะถ้าทำเช่นนั้นจะไม่ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ขึ้นมาได้เลย
8. เมื่อศึกษาด้วยตนเองจนจบชุดการเรียนการสอนแล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ แล้วตรวจคำตอบจากเฉลย
9. ถ้านักเรียนสงสัยหรือไม่เข้าใจเนื้อหาให้ทบทวนใหม่ ถ้ายังไม่เข้าใจอีกให้สอบถามจากครูผู้สอน
10. ควรเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้



แผนภูมิลำดับขั้นการใช้ชุดการเรียนการสอน



รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม	**แบบทดสอบก่อนเรียน**	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
รหัสวิชา ว 33204		เวลา 20 นาที
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ : ไฟฟ้าสถิต		
เรื่อง สนามไฟฟ้า		

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนพิจารณาว่าคำตอบข้อใดถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วกากบาท (✕) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

1. หยดน้ำมันมวล 8×10^{-13} kg ถูกทำให้เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง ด้วยความเร็วคงตัว ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าขนาด 5×10^{6} N/C ประจุไฟฟ้าบนหยดน้ำมันมีค่าเท่าไร
   - ก. 1.6×10^{-18} C
   - ข. 1.6×10^{-19} C
   - ค. 1.6×10^{-20} C
   - ง. 1.6×10^{-21} C

2. ที่ตำแหน่ง X ห่างจากจุดประจุขนาด 1.08×10^{-1} C เป็นระยะ 1.8 m จะมีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็นเท่าไร
   - ก. 2.7×10^{9} N/C
   - ข. 5.4×10^{9} N/C
   - ค. 3.0×10^{8} N/C
   - ง. 9.0×10^{8} N/C

3. สนามไฟฟ้าที่จุดใด ๆ หมายถึงข้อใด
   - ก. ศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยระยะทางของจุดนั้น
   - ข. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุลบที่วางไว้ ณ จุดนั้น
   - ค. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้น
   - ง. จำนวนเส้นที่แสดงทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุทดสอบ

4. ตัวนำทรงกลมลูกหนึ่งรัศมีผิวใน 8 cm รัศมีผิวนอก 10 cm มีประจุ 2×10^{-10} C อยากทราบว่าสนามไฟฟ้าที่ผิวในและผิวนอกของทรงกลมมีขนาดเท่าไร

   ก. 0, 281 N/C

   ข. 0, 180 N/C

   ค. 180, 0 N/C

   ง. 281, 0 N/C

5. สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (E) มีขนาด 10^4 N/C มีทิศลงตามแนวดิ่ง มีลูกพิทมวล 0.04 g เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง $4\ m/s^2$ ลูกพิทมีประจุชนิดใดและมีขนาดประจุเท่าไร

   ก. ลบ, 1.6×10^{-8} C

   ข. ลบ, 2.4×10^{-8} C

   ค. บวก, 1.6×10^{-8} C

   ง. บวก, 2.4×10^{-8} C

6. ที่ตำแหน่งหนึ่งซึ่งห่างจากจุดประจุหนึ่ง เป็นระยะ 3 cm มีขนาดสนามไฟฟ้า 10^4 N/C ขนาดของสนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดนี้ 1 cm เป็นเท่าใด

   ก. 0.1×10^4 N/C

   ข. 0.3×10^4 N/C

   ค. 3×10^4 N/C

   ง. 9×10^4 N/C

7. ตัวนำทรงกลมลูกหนึ่งรัศมีผิวใน 8 cm รัศมีผิวนอก 10 cm มีประจุ 1×10^{-10} C สนามไฟฟ้าที่ผิวในและผิวนอกของทรงกลมเป็นเท่าใด

   ก. 0, 9 N/C

   ข. 0, 90 N/C

   ค. 9, 14 N/C

   ง. 14, 9 N/C

8. เมื่อนำประจุทดสอบ q วางในสนามที่มีความเข้ม E เนื่องจากประจุ Q โดยที่ประจุทดสอบห่างจากประจุต้นกำเนิดเท่ากับ R ความสัมพันธ์ในข้อใดถูกต้อง

ก. $E = \frac{KQ}{r}$

ข. $E = \frac{KQ}{r^2}$

ค. $E = \frac{KQq}{r}$

ง. $E = \frac{KQq}{r^2}$

9. ชายคนหนึ่งมวล 80 กิโลกรัม ยืนในห้องที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 3000 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทางพุ่งขึ้นสู่เพดานในแนวดิ่ง ถ้าชายคนนี้ต้องการลอยขึ้นสู่เพดานด้วยความเร่ง 5 เมตรต่อวินาที^{2} เขาจะต้องสร้างประจุไฟฟ้าขนาดเท่าใดให้กับตนเอง

ก. 0.4 คูลอมบ์

ข. 0.5 คูลอมบ์

ค. 0.6 คูลอมบ์

ง. 0.7 คูลอมบ์

10. จุดประจุ 2 ประจุ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จุดประหนึ่งมีค่า $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ หากสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์อยู่ระหว่างประจุทั้งสองและห่างจากจุดประจุ $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ เท่ากับ 0.2 เมตร ค่าของอีกจุดประจุหนึ่งมีค่าเท่าไร

ก. 0.9×10^{-8} คูลอมบ์

ข. 3×10^{-8} คูลอมบ์

ค. 9×10^{-8} คูลอมบ์

ง. 30×10^{-8} คูลอมบ์

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม	**เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน**	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
รหัสวิชา ว 33204		เวลา 20 นาที
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ : ไฟฟ้าสถิต		
เรื่อง สนามไฟฟ้า		

เฉลย

ข้อที่	คำตอบ
1.	ก
2.	ค
3.	ค
4.	ข
5.	ข
6.	ง
7.	ข
8.	ข
9.	ก
10.	ค

ชุดการเรียนการสอน

ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกลักษณะการเกิดของสนามไฟฟ้าแบบต่าง ๆ พร้อมทั้งลักษณะทั่วไปได้
2. เขียนและใช้สมการของสนามไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ได้
3. แก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้
4. สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และสามารถนำไปอธิบายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องได้

สาระสำคัญ

สนามไฟฟ้า หมายถึง *“บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไปถึง”* หรือ *“บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น”* ตามจุดต่าง ๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้า ย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนาม จะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ห่างไกลออกไป

หน่วยของสนามไฟฟ้า คือ *นิวตันต่อคูลอมบ์ หรือ โวลต์ต่อเมตร*

สาระการเรียนรู้

1. ศึกษาเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต เกี่ยวกับประจุไฟฟ้า ทราบถึงวิธีการทำให้เกิดประจุไฟฟ้า
2. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และชนิดของประจุไฟฟ้า ความหมายของสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ตัวนำและฉนวน การเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้า
3. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาวิธีการทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ พร้อมทั้งทราบถึงวิธีทำให้วัตถุตัวนำมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ พร้อมทั้งต่อสายดิน
4. ศึกษาเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
5. ศึกษาสนามไฟฟ้า เส้นสนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า การเก็บประจุและพลังงานของตัวเก็บประจุ
6. ศึกษาเกี่ยวกับความจุของตัวเก็บประจุแบบตัวนำ รูปทรงกลมและรูปทรงอื่น ๆ
7. ศึกษาการนำตัวเก็บประจุไปใช้งาน โดยการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรมและแบบขนาน
8. นำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันบางประเภท

ผลการเรียนรู้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุ แรงระหว่างประจุ กฎการอนุรักษ์ประจุ กฎคูลอมบ์ และการเหนี่ยวนำไฟฟ้า
2. มีทักษะในการวิเคราะห์สนามไฟฟ้า เส้นแรง ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ และความจุไฟฟ้า
3. มีความรับผิดชอบ สามารถสืบค้นข้อมูล และนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ได้

บัตรคำสั่ง

ปฏิบัติตามคำสั่งต่อไปนี้

1. นักเรียนอ่านคู่มือนักเรียนให้เข้าใจก่อนลงมือศึกษา ชุดการเรียนการสอนที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า
2. ศึกษาบัตรเนื้อหาที่ครูแจกให้เรื่อง สนามไฟฟ้า
3. ให้นักเรียนอ่านบัตรกิจกรรมและปฏิบัติกิจกรรม ลงในแบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม และตรวจความถูกต้องจากบัตรเฉลยกิจกรรม
4. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามลงในบัตรงานที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ และตรวจความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรงาน
5. นักเรียนทำแบบฝึกหัดจากบัตรฝึกทักษะ และตรวจความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรฝึกทักษะ **ห้ามนักเรียนเปิดดูบัตรเฉลยก่อน**
6. เมื่ออภิปรายหรือสนทนาสรุปความรู้เสร็จ ให้นักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์สรุปผลการเรียนรู้ลงในบัตรสรุปความรู้

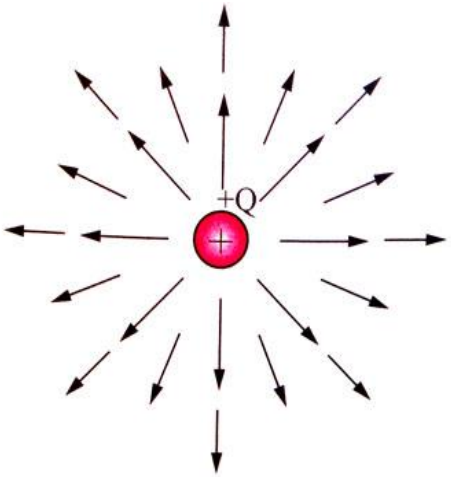
บัตรเนื้อหา

สนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้า หมายถึง *"บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไปถึง"* หรือ *"บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น"*

ตามจุดต่าง ๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้าย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนามจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ห่างไกลออกไป

หน่วยของสนามไฟฟ้า คือ *นิวตันต่อคูลอมบ์ หรือโวลต์ต่อเมตร*



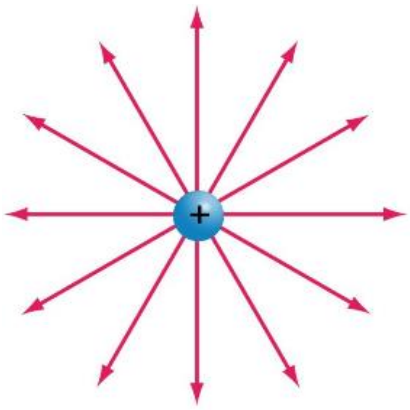
ภาพที่ 1 แสดงสนามไฟฟ้าจากประจุต้นกำเนิด +Q

ที่มา : http://weerajit14.blogspot.com/p/blog-page_21.html

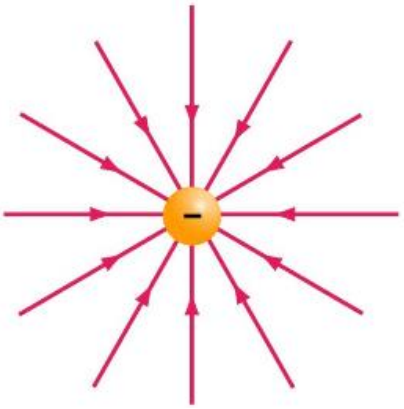
กฎของคูลอมบ์บอกว่า เราสามารถหาขนาดของแรงไฟฟ้าระหว่างประจุแต่ละคู่เสมอ คำถามคือ **แรงไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร ?**

การอธิบายแรงทางไฟฟ้า นักฟิสิกส์จึงต้องใช้แผนภาพจำลองเกี่ยวกับสนามไฟฟ้า โดยมองรอบ ๆ ประจุใด ๆ จะมีสนามไฟฟ้าอยู่ล้อมรอบที่สามารถเขียนได้ด้วย**เส้นสนามไฟฟ้า (Electric line of force)**

เส้นสนามไฟฟ้า (Electric line of force)

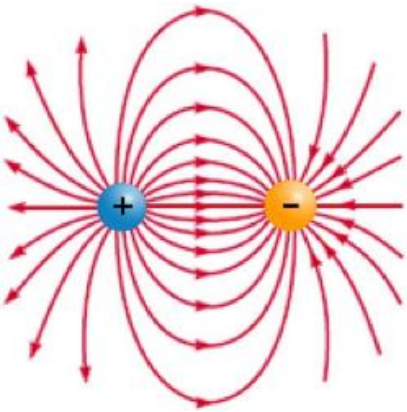


(ก) ทิศทางของสนามไฟฟ้ารอบจุดประจุบวก



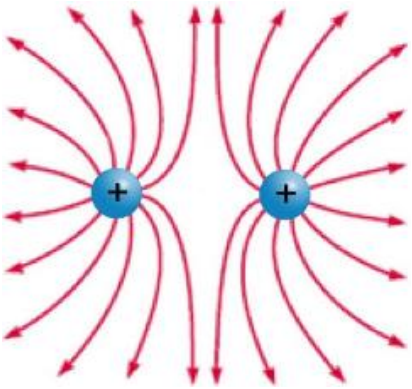
(ข) ทิศทางของสนามไฟฟ้ารอบจุดประจุลบ

สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก และพุ่งเข้าถ้าเป็นประจุลบ ในกรณีที่ประจุต่างกัน เส้นสนามไฟฟ้าจะพุ่งเข้าหา เชื่อมกัน ตามภาพ (ค)



(ค) ประจุบวกและประจุลบ

ในกรณีประจุเดียวกันเส้นสนามไฟฟ้าจะมีลักษณะไม่เชื่อมกัน ตามภาพ (ง)



(ง) ประจุบวกและประจุบวก

ภาพที่ 2 แสดงเส้นแรงไฟฟ้า

ที่มา : http://cnx.org/content/m42312/latest/?collection=col11406/latest

ความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้า แสดงถึงขนาดความเข้มของสนามไฟฟ้า ถ้าเส้นสนามไฟฟ้าหนาแน่นมาก หมายถึงค่าความเข้มสนามไฟฟ้าก็มากด้วย

คุณสมบัติของเส้นสนามไฟฟ้า ที่ควรทราบในชั้นนี้ คือ

1. เส้นสนามไฟฟ้า ***พุ่งออกจากประจุไฟฟ้าบวก*** และพุ่งเข้าสู่ประจุไฟฟ้าลบ
2. เส้นสนามไฟฟ้าแต่ละเส้น ***จะไม่ตัดกันเลย***
3. เส้นสนามไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน ***ไม่เสริมเป็นแนวเดียวกัน*** แต่จะเบน แยกจากกันเป็นแต่ละแนว ส่วนเส้นสนามไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน จะเสริมเป็นแนวเดียวกัน
4. เส้นสนามไฟฟ้าที่พุ่งออกจากกัน หรือพุ่งเข้าสู่ผิวของวัตถุ ***ย่อมตั้งได้ฉากกับผิวของวัตถุนั้น ๆ เสมอ***
5. เส้นสนามไฟฟ้า จะ***ไม่พุ่งผ่านวัตถุตัวนำเลย*** เส้นสนามไฟฟ้าจะสิ้นสุดอยู่เพียงบริเวณผิวของวัตถุตัวนำเท่านั้น
6. สำหรับวัตถุตัวนำรูปทรงกลมกลวงที่มีประจุไฟฟ้า และไม่มีวัตถุอื่นที่มีประจุไฟฟ้าบรรจุอยู่***ภายในทรงกลมกลวงนั้น จะไม่มีเส้นสนามไฟฟ้า*** อยู่ภายในทรงกลมกลวงนั้นเลย เส้นสนามไฟฟ้าจะมีปรากฏสิ้นสุดอยู่เพียงผิวนอกของทรงกลมกลวงเท่านั้น โดยเส้นสนามไฟฟ้าจะมีแนวเข้าสู่จุดศูนย์กลางของทรงกลมกลวง และในกรณีนี้ภายในทรงกลมกลวงจะไม่มีสนามไฟฟ้า ไม่มีแรงกระทำไฟฟ้า กล่าวได้ว่า ***ค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์***

การพิจารณาค่าของสนามไฟฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ

1. การหาสนามไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนาม Q

นิยามค่าสนามไฟฟ้า หมายถึง *"แรงที่เกิดขึ้นบนประจุ +1 คูลอมบ์ ที่เอาไปวางในสนามไฟฟ้านั้น"* สนามไฟฟ้าจากประจุ Q ใด ๆ มีค่าดังนี้

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

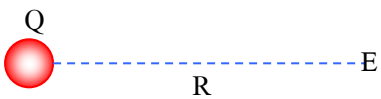
แทนค่า $q = 1$ C ได้ $F = \frac{KQ \times 1}{r^2}$

แรงที่ทำต่อประจุ 1 C $F = \frac{KQ}{r^2}$

แรงที่ทำต่อประจุ +1 C = สนามไฟฟ้า E

สมการหาสนามไฟฟ้า $E = \frac{KQ}{r^2}$ .....(1)

ค่า Q ไม่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ

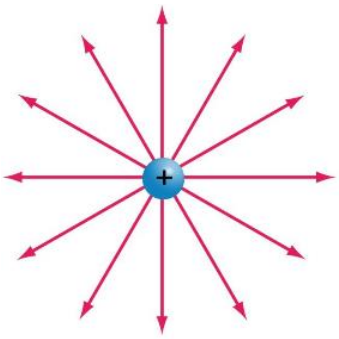


เมื่อ Q = ประจุแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า *หน่วยคูลอมบ์ (C)*

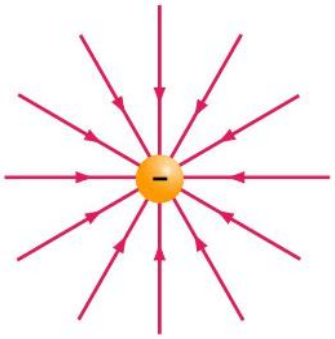
E = ค่าของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุ Q หน่วยนิวตัน/คูลอมบ์ *(N/C)*

R = ระยะระหว่างประจุ Q ถึงตำแหน่งที่ต้องการหาความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า *หน่วยเมตร (m)*

ทิศของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากจุดประจุต้นกำเนิดสนาม Q



สนามไฟฟ้าที่มีทิศออก
จากประจุต้นกำเนิด +Q



สนามไฟฟ้าที่มีทิศเข้าหา
ประจุต้นกำเนิด -Q

2. การหาสนามไฟฟ้าจากแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q

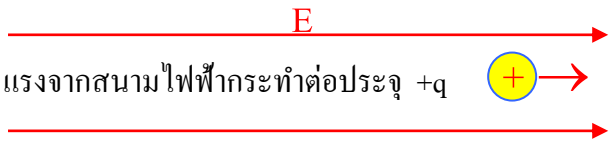
ในการหาสนามไฟฟ้าให้นำประจุทดสอบ q ไปวาง ณ จุดที่เราต้องการหาสนามไฟฟ้า เมื่อมีแรง F ที่กระทำบนประจุทดสอบ หาค่าสนามไฟฟ้าจากอัตราส่วนแรงกระทำต่อประจุ ซึ่งสนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับแรงที่กระทำต่อประจุ 1 คูลอมบ์ หาได้จากสมการ

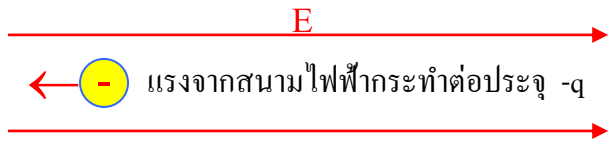
$$E = \frac{F}{q} \qquad \text{.....(2)}$$

หรือแรงที่ทำต่อประจุ q ในสนามไฟฟ้า E หาจาก

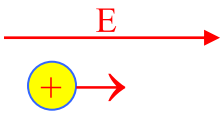
$$F = qE \qquad \text{.....(3)}$$

เมื่อ F = แรงที่กระทำบนประจุ หน่วยนิวตัน *(N)*
E = สนามไฟฟ้า หน่วยนิวตัน/คูลอมบ์ *(N/C)*
q = ประจุทดสอบ หน่วยคูลอมบ์ *(C)*

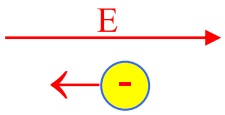




การหาทิศของสนามไฟฟ้าจากแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ q



สนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับ
ทิศแรงที่ทำต่อประจุ +q



สนามไฟฟ้ามีทิศตรงกันข้ามกับ
ทิศแรงที่ทำต่อประจุ -q

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทิศของสนามไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ

สนามไฟฟ้าที่มีทิศออก
จากประจุต้นกำเนิด +Q

สนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับ
ทิศแรงที่ทำต่อประจุ +q

ก.

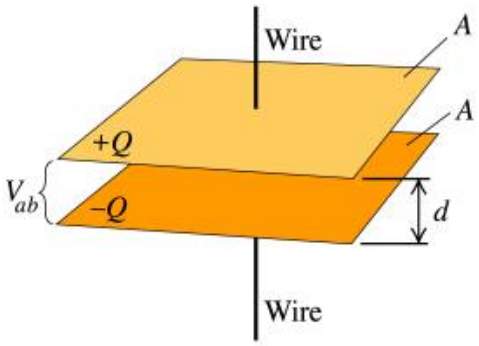
ข.

สนามไฟฟ้าที่มีทิศเข้าหา
ประจุต้นกำเนิด -Q

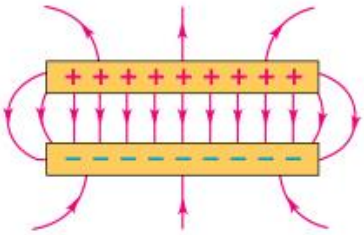
สนามไฟฟ้ามีทิศตรงกันข้ามกับ
ทิศแรงที่ทำต่อประจุ -q

3. สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน

มีแผ่นตัวนำโลหะ 2 แผ่น วางขนานกัน เมื่อทำให้แผ่นตัวนำโลหะแผ่นหนึ่งมีประจุไฟฟ้า +Q และอีกแผ่นหนึ่งมีประจุไฟฟ้า -Q จะมีสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นทั้งสอง



(a)



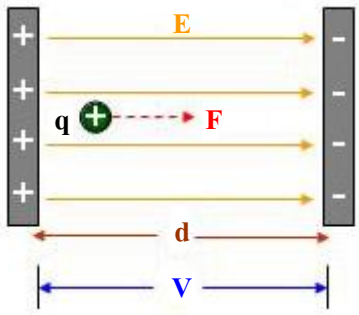
(b)

ภาพที่ 3 แสดงสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน

ที่มา : http://weerajit14.blogspot.com/p/blog-page_21.html

สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนานจะมีค่าคงตัวทั้งขนาดและทิศทาง ขนาดของสนาม E หาได้จากขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุ +1C ที่วางในสนามไฟฟ้านั้น หรือหาจากความต่างศักย์ระหว่างแผ่นขนาน/ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน

ทิศของสนาม หาจากทิศของแรง เมื่อนำประจุทดสอบวางลงในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ โดยทิศของสนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับทิศแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +1C ที่วางลงในสนามไฟฟ้านี้ และทิศสนามมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของแรงที่ทำต่อประจุลบ หรือสนามไฟฟ้ามีทิศจากแผ่นบวกไปยังแผ่นลบ



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

$$E = \frac{V}{d}$$

เมื่อ E = สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หน่วยนิวตัน/คูลอมบ์ หรือ โวลต์/เมตร *(N/C), (V/m)*

F = แรงกระทำต่อประจุทดสอบ q หน่วยนิวตัน *(N)*

q = ประจุทดสอบ ซึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้า หน่วยคูลอมบ์ *(C)*

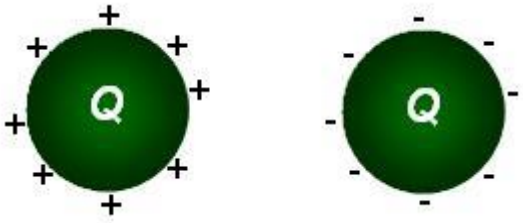
V = ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำขนาน หน่วยโวลต์ *(V)*

d = ระยะห่างระหว่างความต่างศักย์ วัดขนาดกับสนามไฟฟ้า หน่วยเมตร *(m)*

***ข้อสังเกต** จากสมการหาสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน *ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน จะแปรผกผันกับสนามไฟฟ้า*

4. สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม

พิจารณาตัวนำทรงกลม กลวง หรือตัน ที่มีประจุไฟฟ้าอิสระ ประจุจะกระจายอยู่ที่ผิวของตัวนำทรงกลมสม่ำเสมอ ซึ่งพบว่าทรงกลมที่มีประจุนี้จะแผ่สนามไฟฟ้าไปโดยรอบ และเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอนี้ *ทำให้เราอาจหาสนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลมได้โดยพิจารณาว่า ทรงกลมนี้ประพฤติตัวเหมือนจุดประจุรวมกันอยู่ตรงกลางทรงกลม*

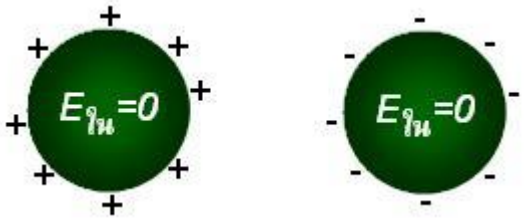


การหาสนามไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมเป็นระยะ r คิดเสมือนว่าประจุ Q ทั้งหมดรวมกันที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม ดังนั้น *การหาขนาดของสนามไฟฟ้า ณ จุดซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมเป็นระยะ r หาได้จาก*

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

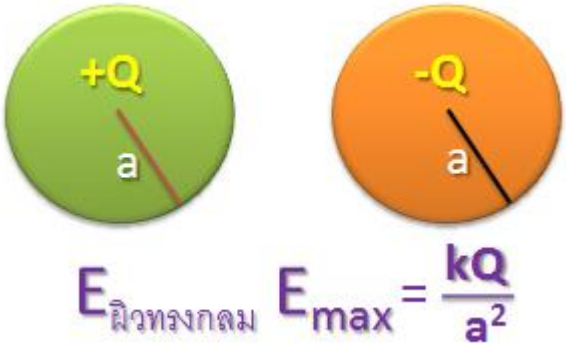
เนื่องจากเส้นแรงไฟฟ้าตั้งฉากกับผิวของตัวนำ และไม่สามารถผ่านทะลุไปในตัวนำได้ ดังนั้น **ภายในตัวนำค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าจึงมีค่าเป็นศูนย์เสมอ** และ**ที่ผิวของตัวนำทรงกลมมีความเข้มสนามไฟฟ้ามากที่สุด**

- **สนามไฟฟ้าภายในทรงกลม**



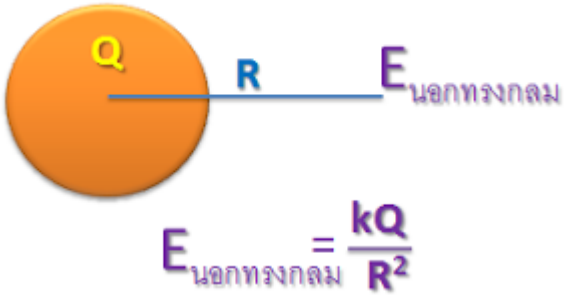
สนามไฟฟ้าภายในทรงกลมเป็นศูนย์

- **สนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลม**

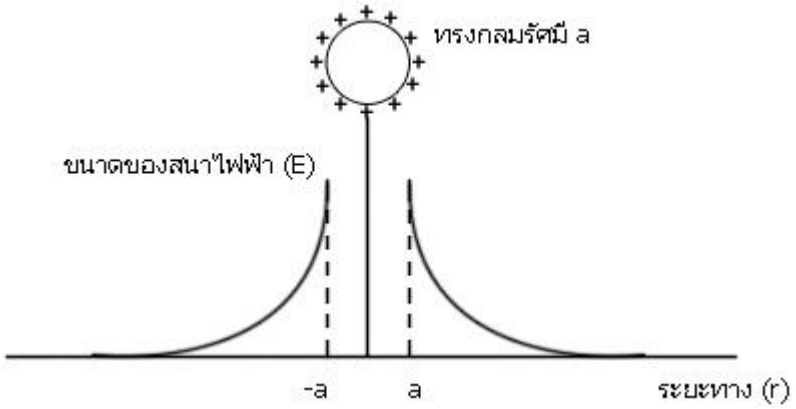


สนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมมีค่ามากที่สุด

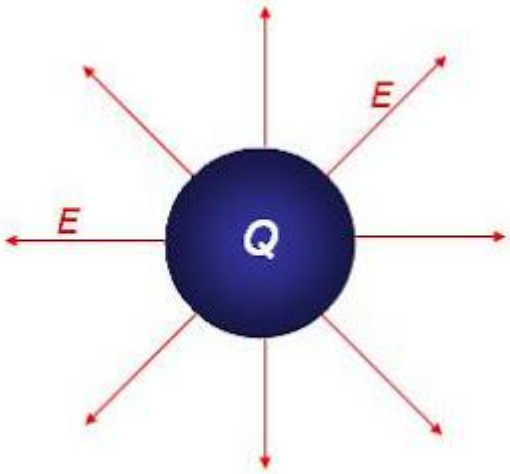
- **สนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลม**



สนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลม (วัดระยะถึงจุดศูนย์กลางทรงกลม)



กราฟสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลม



สนามไฟฟ้าตั้งฉากกับผิวทรงกลมเสมอ

สรุป

1. *สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในที่ว่างภายในตัวนำรูปทรงใด ๆ มีค่าเป็นศูนย์*
2. *สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่ติดกับผิวของตัวนำ จะมีทิศตั้งฉากกับผิวเสมอ*

การหาสนามไฟฟ้ารวมที่จุด ๆ หนึ่ง

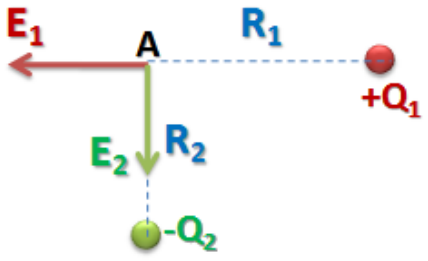
- เขียนเวกเตอร์สนามไฟฟ้า ณ จุดที่ต้องการหาสนามไฟฟ้ารวม โดยสนามไฟฟ้ามีทิศออกจากประจุบวก และทิศเข้าหาประจุไฟฟ้าลบ

- รวมสนามไฟฟ้าด้วยวิธีรวมเวกเตอร์

เช่น จากรูปหาสนามไฟฟ้ารวมที่จุด A ซึ่งสนามไฟฟ้า E_1 เกิดจากประจุ $+Q_1$ และสนามไฟฟ้า E_2 เกิดจากประจุไฟฟ้า $-Q_2$

$$E_1 = \frac{KQ_1}{r_1^2}$$

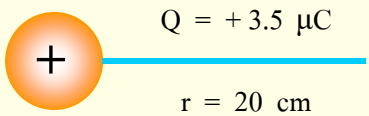
$$E_2 = \frac{KQ_2}{r_2^2}$$



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

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่าง สนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุ +3.5 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 20 เซนติเมตร มีค่าเท่าใด



วิธีทำ จากสมการ $E = \frac{KQ}{r^2}$

ดังนั้น $E = \frac{(9\times10^{9})\times(3.5\times10^{-6})}{(20\times10^{-2})^{2}}$

$E = \frac{(9\times3.5)\times(10^{9}\times10^{-6})}{(20\times20)\times(10^{-2}\times10^{-2})^{2}}$

$E = \frac{31.5\times(10^{9-6})}{400\times(10^{-2-2})}$

$E = \frac{31.5}{400}\times\frac{(10^{3})}{(10^{-4})}$

$E = 0.079\times10^{3-(-4)}$

$E = 0.079\times10^{3+4}$

$E = 0.079\times10^{7}$

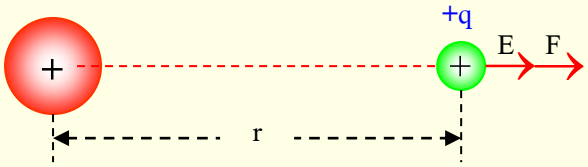
$E = (7.9\times10^{-2})\times10^{7}$

$E = 7.9\times(10^{-2+7})$

$$E = 7.9\times10^{5}\ \text{N/C}$$

ตอบ สนามไฟฟ้ามีขนาด 7.9×10^{5} นิวตันต่อคูลอมบ์

ตัวอย่าง จากรูป แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +q จะมีค่าเป็นกี่เท่าของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบที่มีค่าเป็น 3 เท่าของค่าเดิม



วิธีทำ จากสมการ $F = qE$

เมื่อ $q_1 = q,\ q_2 = 3q$ และ E ณ ตำแหน่งเดิมมีค่าคงที่

$\therefore$ จะได้ $\dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{q_1}{q_2} = \dfrac{q}{3q}$

นั่นคือ $F_1 = \dfrac{1}{3}F_2$

ตอบ แรงที่กระทำต่อประจุ +q มีค่าเป็น $\frac{1}{3}$ เท่าของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +3q

ตัวอย่าง จุด C และจุด D อยู่ห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะ 10 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าที่จุด C สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 9 โวลต์ต่อเมตร สนามไฟฟ้าที่จุด D จะมีค่าเท่าใด

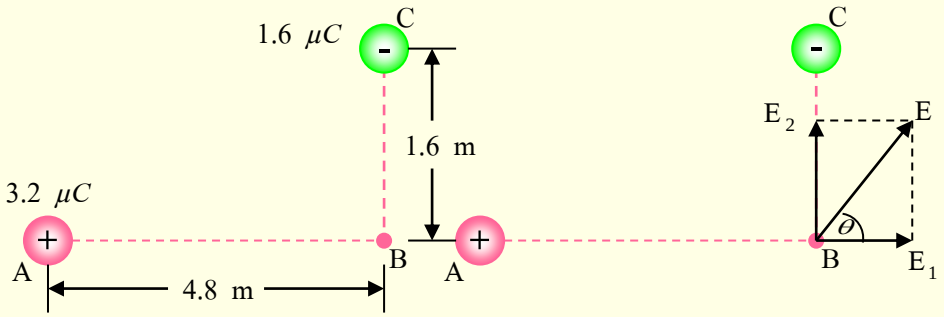
วิธีทำ จากสมการ $E = \dfrac{KQ}{r^2}$

แทนค่าที่จุด C จะได้ $9\ \text{V/m} = \frac{KQ}{(0.1)^2}$ หรือ $KQ = (9\ \text{V/m})(0.1\text{m})^2$

$\therefore$ ที่จุด D จะได้ $E = \frac{KQ}{r^2} = \frac{(9)\times(0.1)^2}{(0.3)^2} = 1.0\ \text{V/m}$

ตอบ สนามไฟฟ้าที่จุด D จะมีขนาด 1.0 โวลต์ต่อเมตร

ตัวอย่าง ที่ตำแหน่ง A และ C มีประจุไฟฟ้า 3.2 ไมโครคูลอมบ์ และ -1.6 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับดังรูป เมื่อระยะ AB เท่ากับ 4.8 เมตร และ BC เท่ากับ 1.6 เมตร จงหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง B



วิธีทำ ให้ E_1 และ E_2 เป็นสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง B เนื่องจากจุดประจุที่ A และ C ตามลำดับ และ E เป็นสนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ B เมื่อพิจารณาทิศของสนาม จะพบว่า E_1 มีทิศออกจาก A ไป B เพราะเป็นสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบวก ส่วน E_2 มีทิศจาก B เข้าหา C เพราะเป็นสนามไฟฟ้าจากประจุลบ

1. หาขนาดของสนามไฟฟ้าจากสมการ $E = \frac{KQ}{r^2}$

ดังนั้น $E_1 = \frac{(9\times10^9)\times(3.2\times10^{-6})}{(4.2)^2}$

$= 1.3\times10^3\ \text{N/C}$

และ $E_2 = \frac{(9\times10^{9})\times(1.6\times10^{-6})}{(1.6)^2}$

$= 5.6\times10^{3}$ N/C

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

$= \sqrt{(1.3\times10^{3}) + (5.6\times10^{3})}$

$= 5.7\times10^{3}$ N/C

2. หาทิศของสนามไฟฟ้าลัพธ์ที่ตำแหน่ง B เทียบกับแนว AB ได้จาก

$\tan\theta = \frac{9.0\times10^{-3}}{2.0\times10^{-3}} = 4.5$

$\therefore$ จะได้ $\theta = 77.5°$

ตอบ สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง B มีขนาด 5.7×10^{3} นิวตันต่อคูลอมบ์ ทิศทำมุม 77.5 องศา กับแนว AB

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

วิธีทำ จากสมการ $E = \frac{KQ}{r^2}$

ที่จุด P $5 = \frac{KQ}{(0.2)^2}$

$$KQ = 5 \times (0.2)^2$$

ที่จุด Q $$E = \frac{KQ}{(0.5)^2}$$

$$= \frac{5\times(0.2)^2}{r^2}$$

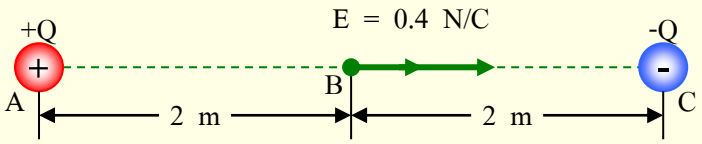
$$= 0.8 \text{ N/C}$$

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

ตัวอย่าง จุด A, B และ C อยู่บนเส้นตรงเดียวกันดังรูป เมื่อวางจุดประจุ +Q ไว้ที่จุด A ปรากฏว่าสนามไฟฟ้าที่จุด B มีค่าเท่ากับ 0.4 นิวตันต่อคูลอมบ์ ถ้านำจุดประจุชนิด -Q มาวางไว้ที่จุด C สนามไฟฟ้าที่จุด B มีค่าเท่าใด



วิธีทำ จากสมการ $E = E_A + E_C$

เมื่อวางประจุ +Q ที่จุด A ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า E_A ที่จุด B มีทิศพุ่งออกจากประจุ +Q และเมื่อนำประจุ -Q มาไว้ที่จุด C จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้า E_C ที่จุด B มีทิศเข้าหาประจุ -Q

เนื่องจากประจุมีขนาด Q และอยู่ห่างจากจุด B เท่ากัน จึงทำให้ขนาด $E_A = E_C$ ด้วย

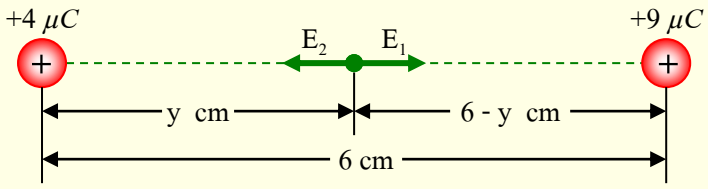
จะได้ $E_A = E_C = 0.4$ N/C มีทิศทางจาก B ไป C

$\therefore$ ขนาดของสนามไฟฟ้าที่จุด $E_B = 0.4 + 0.4 = 0.8$ N/C

ตอบ สนามไฟฟ้าที่จุด B มีค่าเท่ากับ 0.8 นิวตันต่อคูลอมบ์

ตัวอย่าง จุดประจุ +4 ไมโครคูลอมบ์ และ +9 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ห่างกัน 6 เซนติเมตร ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์จะอยู่ห่างจากจุดประจุ +4 ไมโครคูลอมบ์ กี่เซนติเมตร

วิธีทำ ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันจุดสะเทินจะอยู่บนแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุ ใกล้กับประจุที่มีขนาดน้อยกว่า คือ ใกล้กับประจุ +4 ไมโครคูลอมบ์ ดังรูป



ที่จุดสะเทินจะได้ $E_1 = E_2$ หรือ $\frac{KQ_1}{r_1^2} = \frac{KQ_2}{r_2^2}$

แทนค่า $\frac{K(4\times10^{-6})}{(y)^2} = \frac{K(9\times10^{-6})}{(6-y)^2}$

$$\frac{4}{y^2} = \frac{9}{6-y^2}$$

$$\frac{4}{y^2} = \frac{9}{6-y^2}$$

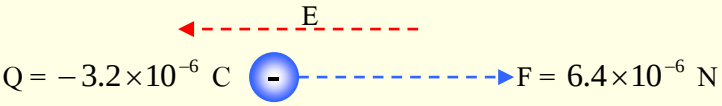
$$\frac{2}{y} = \frac{3}{6-y}$$ *(ถอดรากที่สองทั้ง 2 ข้าง)*

$$12 - 2y = 3y$$

$\therefore$ จะได้ $$y = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ cm}$$

ตอบ ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์อยู่ห่างจากประจุ +4 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะทางเท่ากับ 2.4 เซนติเมตร

ตัวอย่าง เมื่อนำประจุขนาด -3.2×10^{-6} คูลอมบ์ ไปวางไว้ที่ตำแหน่งหนึ่ง พบว่ามีแรงกระทำต่อประจุนี้ 6.4×10^{-6} นิวตัน ในทิศจากซ้ายไปขวา สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้นจะมีขนาดและทิศทางอย่างไร



วิธีทำ แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุลบจะมีทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า ดังนั้น สนามไฟฟ้าจะมีทิศจากขวาไปซ้าย

หาขนาดจากสมการ $F = qE$

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

$$= \frac{6.4\times10^{-6}}{-3.2\times10^{-6}}$$

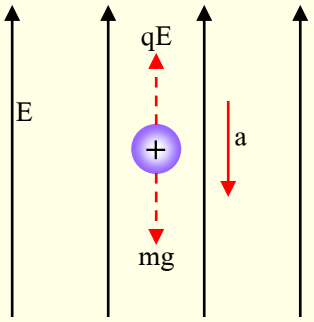
$$= 2 \text{ N/C}$$

ตอบ สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้นมีขนาด 2 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศจากซ้ายไปขวา

ตัวอย่าง อนุภาคหนึ่งมีมวล 2.0×10^{-5} กิโลกรัม และมีประจุ $+3.2\times10^{-6}$ คูลอมบ์ เมื่อนำมาวางไว้ในสนามไฟฟ้าที่มีทิศทางตามแนวดิ่ง ปรากฏว่าอนุภาคนี้เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 2 m/s^2 จงหาขนาดและทิศของสนามไฟฟ้า

วิธีทำ จากสมการ $F = ma$

จะได้ $mg + qE = ma$ หรือ $E = \dfrac{m(g - a)}{q}$



แทนค่า $E = \dfrac{(2\times10^{-5})\times(10-2)}{3.2\times10^{-6}}$

$= \dfrac{(2\times8)\times(10)}{3.2}$

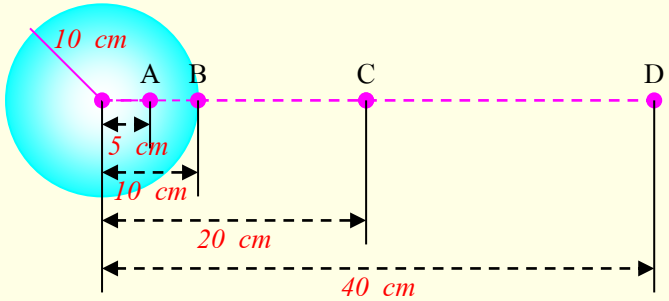
$\therefore$ จะได้ $E = 50$ N/C

จากแรงที่กระทำต่อประจุบวก จะมีทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า

$\therefore$ สนาม E จึงมีทิศขึ้นบน

ตอบ สนามไฟฟ้ามีขนาด 50 นิวตันต่อคูลอมบ์ และมีทิศขึ้นด้านบน

ตัวอย่าง ตัวนำทรงกลมลูกหนึ่งมีรัศมี 10 เซนติเมตร และมีประจุ +8 ไมโครคูลอมบ์ จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด A, B, C และ D ซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางทรงกลม เป็นระยะทาง 5, 10, 20 และ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ



วิธีทำ จากสมการ $E = \frac{KQ}{r^2}$

ที่จุด A $E_A = 0$ N/C

(เนื่องจากจุด A อยู่ภายในตัวนำทรงกลม สนามไฟฟ้าจึงมีค่าเป็นศูนย์)

ที่จุด B $E_B = \frac{(9\times10^{9})\times(8\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2}$

$= \frac{72\times10^{3}}{10^{-2}}$

$= 7.2\times10^{6}$ N/C

ที่จุด C $E_C = \frac{(9\times10^{9})\times(8\times10^{-6})}{(20\times10^{-2})^2}$

$= \frac{72\times10^{3}}{4\times10^{-2}}$

$= 1.8\times10^{6}$ N/C

ที่จุด D $E_d = \frac{(9\times10^{9})\times(8\times10^{-6})}{(40\times10^{-2})^2}$

$= \frac{72\times10^{3}}{16\times10^{-2}}$

$= 4.5\times10^{6}$ N/C

ตอบ ขนาดของสนามไฟฟ้าที่จุด A, B, C และ D มีขนาด 0, 7.2×10^{6}, 1.8×10^{6} และ 4.5×10^{6} นิวตันต่อคูลอมบ์ ตามลำดับ

บัตรกิจกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษากิจกรรมที่กำหนดให้ และปฏิบัติตามกิจกรรมพร้อมบันทึกผลการทำกิจกรรมในแบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม

กิจกรรม เรื่อง สนามไฟฟ้า

จุดประสงค์
1. เพื่อศึกษา เรื่อง สนามไฟฟ้า
2. อธิบายเกี่ยวกับนิยามและลักษณะของสนามไฟฟ้า

วัสดุอุปกรณ์
1. แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม

วิธีทำกิจกรรม
1. ให้นักเรียนศึกษา ค้นคว้า คุณสมบัติของเส้นสนามไฟฟ้า
2. ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิด และตอบคำถาม แล้วข้อมูลที่ได้บันทึกลงในบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม

แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม

ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า

กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 ศึกษา ค้นคว้า คุณสมบัติเส้นสนามไฟฟ้า

- ให้นักเรียนวาดเส้นสนามไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่พุ่งออกจากประจุบวกอิสระ	
2. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่พุ่งเข้าสู่ประจุลบอิสระ	
3. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่ปรากฏเมื่อประจุบวกที่มีปริมาณเท่า ๆ กันวางอยู่ใกล้กัน	

4. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่ระหว่างประจุบวกและประจุลบที่มีปริมาณเท่า ๆ กัน	
5. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่ระหว่างประจุบวกและประจุลบที่มีปริมาณไม่เท่ากัน คือ A มีประจุบวกซึ่งมีปริมาณมากกว่าประจุลบที่ B	

ตอนที่ 2 ศึกษา ค้นคว้า คุณสมบัติเส้นสนามไฟฟ้า

- ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิด และตอบคำถาม

6. แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุขนาดหนึ่งหน่อย ณ ตำแหน่งใด ๆ เรียกว่า

   ตอบ .....

7. เมื่อนำประจุไฟฟ้าไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า ผลที่เกิดขึ้นคือ

   ตอบ .....

8. จุดสะเทิน คือ จุดที่สนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าอย่างไร

   ตอบ .....

9. บริเวณที่เส้นสนามไฟฟ้าขนานกัน สนามไฟฟ้าจะมีค่าอย่างไร

   ตอบ .....

10. เส้นต่าง ๆ ที่ใช้เขียนเพื่อแสดงทิศของสนามไฟฟ้า เรียกว่า

    ตอบ .....

บัตรเฉลยกิจกรรม

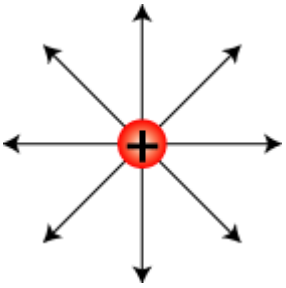
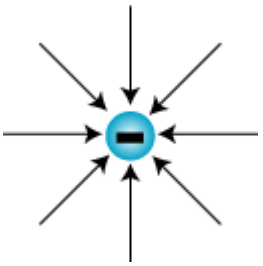
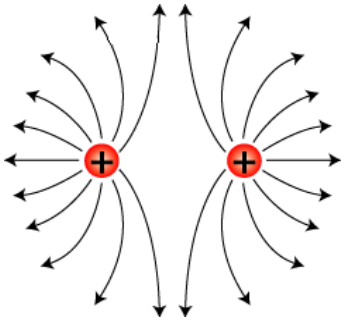
ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า

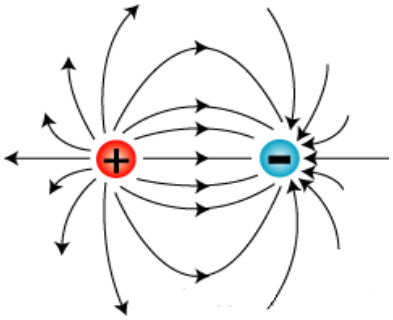
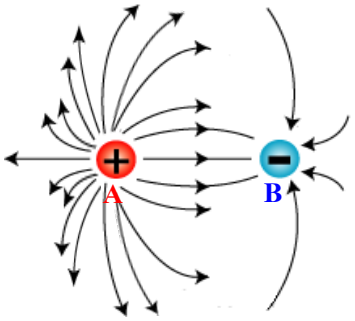
กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 ศึกษา ค้นคว้า คุณสมบัติเส้นสนามไฟฟ้า

- ให้นักเรียนวาดเส้นสนามไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่พุ่งออกจากประจุบวกอิสระ	
2. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่พุ่งเข้าสู่ประจุลบอิสระ	
3. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่ปรากฏเมื่อประจุบวกที่มีปริมาณเท่า ๆ กันวางอยู่ใกล้กัน	

4. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่ระหว่างประจุบวกและประจุลบที่มีปริมาณเท่า ๆ กัน	
5. แสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่ระหว่างประจุบวกและประจุลบที่มีปริมาณไม่เท่ากัน คือ A มีประจุบวกซึ่งมีปริมาณมากกว่า B ที่เป็นประจุลบ	

ตอนที่ 2 ศึกษา ค้นคว้า คุณสมบัติเส้นสนามไฟฟ้า

- ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิด และตอบคำถาม

6. แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุขนาดหนึ่งหน่วย ณ ตำแหน่งใด ๆ เรียกว่า
ตอบ *สนามไฟฟ้า*

7. เมื่อนำประจุไฟฟ้าไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า ผลที่เกิดขึ้นคือ
ตอบ *มีแรงกระทำต่อประจุ*

8. จุดสะเทิน คือ จุดที่สนามไฟฟ้าลัพธ์มีค่าอย่างไร
ตอบ *เป็นศูนย์*

9. บริเวณที่เส้นสนามไฟฟ้าขนานกัน สนามไฟฟ้าจะมีค่าอย่างไร
ตอบ *สม่ำเสมอ*

10. เส้นต่าง ๆ ที่ใช้เขียนเพื่อแสดงทิศของสนามไฟฟ้า เรียกว่า
ตอบ *เส้นสนามไฟฟ้า หรือเส้นแรงไฟฟ้า*

บัตรงาน

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. สนามไฟฟ้า คืออะไร

   ตอบ .....

   .....

   .....

2. ถ้านำประจุไฟฟ้าขนาด 1 คูลอมบ์ ไปไว้ในสนามไฟฟ้า จะเกิดอะไรขึ้น

   ตอบ .....

   .....

   .....

3. ระยะอนันต์ของสนามไฟฟ้า หมายถึงอะไร

   ตอบ .....

   .....

   .....

4. จุดสะเทิน เกิดจากอะไร

   ตอบ .....

   .....

   .....

5. ถ้าประจุชนิดเดียวกัน 2 ประจุ อยู่ด้วยกัน จุดสะเทินอยู่ที่ไหน

   ตอบ .....

   .....

   .....

6. ถ้าประจุต่างชนิดกัน 2 ประจุ อยู่ด้วยกัน จุดสะเทินอยู่ที่ไหน

ตอบ .....

.....

.....

.....

7. การคำนวณตำแหน่งจุดสะเทิน มีหลักอย่างไร และใช้สูตรใด

ตอบ .....

.....

.....

.....

8. การคำนวณหาแรงดูดและแรงผลักต้องใช้สูตรใด และ K เป็นค่าของอะไร

ตอบ .....

.....

.....

.....

9. การคำนวณหาความเข้มข้นของสนามไฟฟ้าต้องใช้สูตรใด

ตอบ .....

.....

.....

.....

10. ความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า ณ จุดใดจุดหนึ่ง หมายความว่าอย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

.....

บัตรเฉลยบัตรงาน

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. สนามไฟฟ้า คืออะไร

   ตอบ *บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไปถึง หรือ บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น*

2. ถ้านำประจุไฟฟ้าขนาด 1 คูลอมบ์ ไปไว้ในสนามไฟฟ้า จะเกิดอะไรขึ้น

   ตอบ *จะเกิดแรงบนประจุนั้น แรงที่เกิดขึ้นคือ สนามไฟฟ้าที่จุดนั้น*

3. ระยะอนันต์ของสนามไฟฟ้า หมายถึงอะไร

   ตอบ *ระยะที่มีค่าน้อยที่สุดของสนามไฟฟ้า*

4. จุดสะเทิน เกิดจากอะไร

   ตอบ *สนามไฟฟ้า 2 สนาม หรือมากกว่า ส่งแรงมากระทำที่จุดเดียวกัน ทำให้แรงรวมที่จุดนั้นเป็นศูนย์*

5. ถ้าประจุชนิดเดียวกัน 2 ประจุ อยู่ด้วยกัน จุดสะเทินอยู่ที่ไหน

   ตอบ *อยู่ภายในแนวเส้นตรงระหว่างประจุทั้งสอง และอยู่ใกล้ประจุที่มีค่าน้อยกว่า*

6. ถ้าประจุต่างชนิดกัน 2 ประจุ อยู่ด้วยกัน จุดสะเทินอยู่ที่ไหน

   ตอบ *อยู่ภายนอกในแนวเส้นตรงต่อระหว่างประจุทั้งสอง ออกไปทางประจุที่น้อยกว่า*

7. การคำนวณตำแหน่งจุดสะเทิน มีหลักอย่างไร และใช้สูตรใด

   ตอบ $E_1 - E_2 = 0$

   $E_1 = E_2$ หรือ $\frac{KQ_1}{r_1^2} = \frac{KQ_2}{r_2^2}$

   r_1, r_2 = ระยะประจุถึงจุดสะเทิน

8. การคำนวณหาแรงดูดและแรงผลักต้องใช้สูตรใด และ K เป็นค่าของอะไร

ตอบ $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$

K = *ค่าคงที่ของตัวกลางที่ประจุอยู่* = 9×10^9 $N.m^2/C^2$

9. การคำนวณหาความเข้มข้นของสนามไฟฟ้าต้องใช้สูตรใด

ตอบ $E = \frac{KQ}{r^2}$

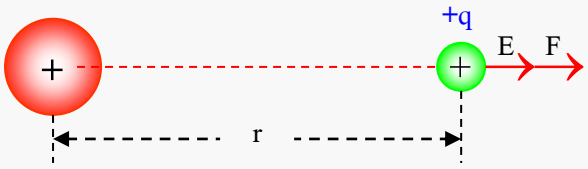
10. ความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า ณ จุดใดจุดหนึ่ง หมายความว่าอย่างไร

ตอบ *แรงที่เกิดขึ้นบนประจุ + 1 คูลอมบ์ ที่วางที่จุดนั้น ถ้ามีประจุ +Q อยู่ที่จุดนั้น ย่อมเกิดแรง* $F = QE$

บัตรฝึกทักษะ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำแบบฝึกทักษะ และตรวจความถูกต้องจากเฉลยบัตรฝึกทักษะ แล้วนำคะแนนส่งครูผู้สอนเพื่อบันทึกคะแนน *(ข้อละ 2 คะแนน)*

1. จากรูป แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +q จะมีค่าเป็นกี่เท่าของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบที่มีค่าเป็น 4 เท่าของค่าเดิม



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

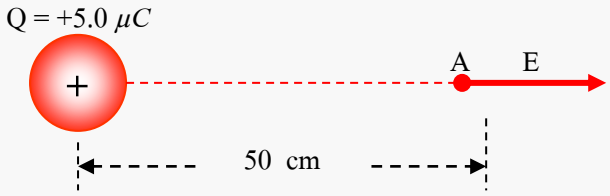
.....

.....

ตอบ .....

.....

2. จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ +5.0 ไมโครคูลอมบ์ 50 เซนติเมตร



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอบ .....

3. จุด C และจุด D อยู่ห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะ 20 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าที่จุด C สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 9 โวลต์ต่อเมตร สนามไฟฟ้าที่จุด D จะมีค่าเท่าใด

วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

.....

.....

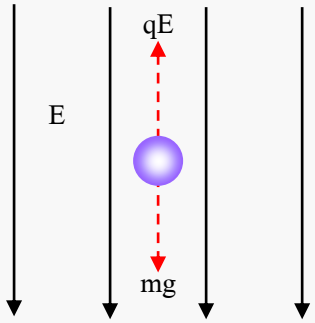
.....

.....

.....

ตอบ .....

4. สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 10^4 N/C มีทิศลงตามแนวดิ่ง ถ้าลูกพิทมวล 0.03 กรัม เคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 2 m/s^2 ลูกพิทจะมีประจุชนิดใดและมีขนาดเท่าใด



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

.....

.....

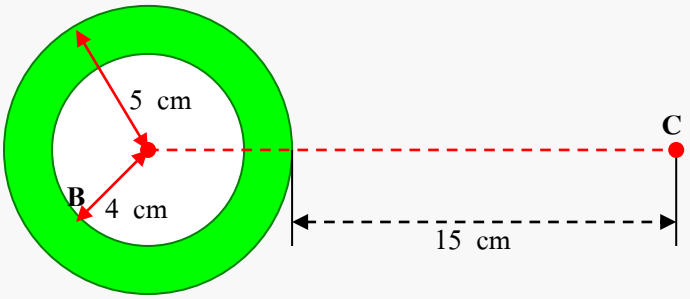
.....

.....

.....

ตอบ .....

5. ตัวนำทรงกลมกลวงรัศมีภายในและภายนอกเท่ากับ 4 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร มีประจุไฟฟ้าขนาด +3 ไมโครคูลอมบ์ จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด B ซึ่งอยู่ที่ผิวด้านในและที่ตำแหน่ง C ดังภาพ



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

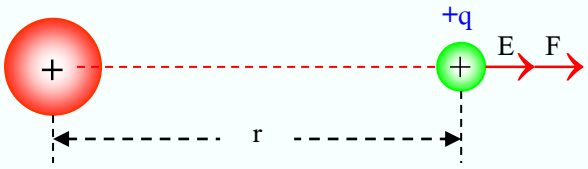
ตอบ .....

.....

บัตรเฉลยบัตรฝึกทักษะ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำแบบฝึกทักษะ และตรวจความถูกต้องจากเฉลยบัตรฝึกทักษะ แล้วนำคะแนนส่งครูผู้สอนเพื่อบันทึกคะแนน *(ข้อละ 2 คะแนน)*

1. จากรูป แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +q จะมีค่าเป็นกี่เท่าของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบที่มีค่าเป็น 4 เท่าของค่าเดิม



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด $q_2 = 4q$

โจทย์ต้องการทราบ *แรงที่กระทำต่อประจุ* $+q$

วิธีทำ *จากสมการ* $F = qE$

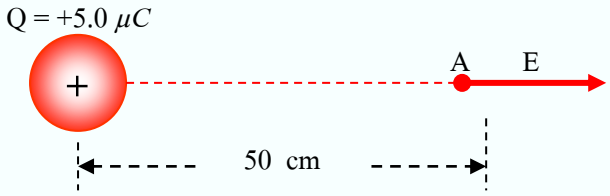
เมื่อ $q_1 = q$, $q_2 = 4q$ *และ* E *ณ ตำแหน่งเดิมมีค่าคงที่*

$\therefore$ *จะได้* $\dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{q_1}{q_2} = \dfrac{q}{4q}$

นั่นคือ $F_1 = \dfrac{1}{4} F_2$

<u>ตอบ</u> *แรงที่กระทำต่อประจุ* $+q$ *มีค่าเป็น* $\dfrac{1}{4}$ *เท่าของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ* $+4q$

2. จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ +5.0 ไมโครคูลอมบ์ 50 เซนติเมตร



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด *Q = +5.0 μC, r = 50 cm*

โจทย์ต้องการทราบ *ขนาดของสนามไฟฟ้าที่จุด A*

วิธีทำ *จากสมการ* $E = \frac{KQ}{r^2}$

ดังนั้น $E = \frac{(9\times10^{9})\times(5\times10^{-6})}{(50\times10^{-2})^{2}}$

$E = 1.8\times10^{5}$ *N/C*

ตอบ *สนามไฟฟ้า ณ จุด A มีค่าเท่ากับ* 1.8×10^{5} *นิวตันต่อคูลอมบ์*

3. จุด C และจุด D อยู่ห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะ 20 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าที่จุด C สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 9 โวลต์ต่อเมตร สนามไฟฟ้าที่จุด D จะมีค่าเท่าใด

วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด *E = 9 V/m, Q = +5.0 μC, r = 20 และ 30 cm*

โจทย์ต้องการทราบ *ขนาดของสนามไฟฟ้าที่จุด D*

วิธีทำ *จากสมการ* $E = \frac{KQ}{r^2}$

แทนค่าที่จุด C จะได้ $9 = \frac{KQ}{(0.2)^2}$

$KQ = 9 \times (0.2)^2$

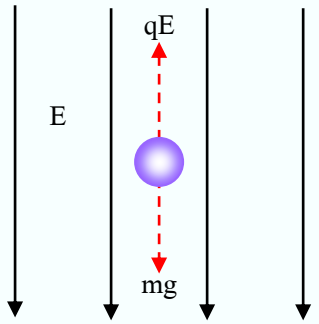
$\therefore$ ที่จุด D จะได้ $E = \frac{KQ}{r^2}$

$E = \frac{(9\times10^9)\times(0.2)^2}{(0.3)^2}$

$= 4.0 \ V/m$

ตอบ สนามไฟฟ้าที่จุด D จะมีขนาด 4.0 โวลต์/เมตร

4. สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 10^4 N/C มีทิศลงตามแนวดิ่ง ถ้าลูกพิทมวล 0.03 กรัม เคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 2 m/s^2 ลูกพิทจะมีประจุชนิดใดและมีขนาดเท่าใด



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด $m = 0.03 \ g, a = 2 \ m/s^2, E = 10^4 \ N/C$

โจทย์ต้องการทราบ ประจุและขนาดของลูกพิท

วิธีทำ จากสมการ $F = ma$

จะได้ $mg - qE = ma$ *หรือ* $q = \dfrac{m(g-a)}{E}$

แทนค่า $E = \dfrac{(3\times10^{-5})\times(10-2)}{10^{4}}$

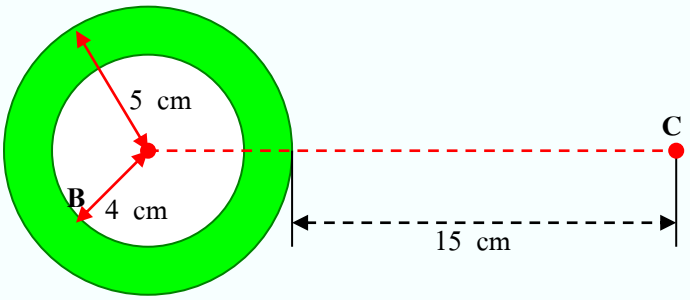
$= 24\times10^{-9}$

∴ จะได้ $E = 2.4\times10^{-8}$ *C*

ลูกพิทเคลื่อนที่สวนกับสนามไฟฟ้า แสดงว่ามีประจุลบ

ตอบ *ลูกพิทมีประจุลบ และมีขนาด* 2.4×10^{-8} *คูลอมบ์*

5. ตัวนำทรงกลมกลวงรัศมีภายในและภายนอกเท่ากับ 4 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร มีประจุไฟฟ้าขนาด +3 ไมโครคูลอมบ์ จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด B ซึ่งอยู่ที่ผิวด้านในและที่ตำแหน่ง C ดังภาพ



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด $Q = +3\ \mu C,\ r = 15+5\ cm$

โจทย์ต้องการทราบ *ขนาดของสนามไฟฟ้าที่จุด B และ C*

วิธีทำ จากสมการ $E = \dfrac{KQ}{r^{2}}$

ที่จุด B $E_B = 0$ N/C

(เนื่องจากจุด B อยู่ภายในตัวนำทรงกลม สนามไฟฟ้าจึงมีค่าเป็นศูนย์)

ที่จุด C $E_C = \dfrac{(9\times10^{9})\times(3\times10^{-6})}{((5+15)\times10^{-2})^{2}}$

$= \dfrac{27\times10^{3}}{4\times10^{-2}}$

$= 6.75\times10^{5}$ *N/C*

ตอบ *ขนาดของสนามไฟฟ้าที่จุด B มีขนาดเท่ากับ 0 และขนาดของสนามไฟฟ้าที่จุด B เท่ากับ* 6.75×10^{5} *นิวตันต่อคูลอมบ์*

บัตรสรุปความรู้

คำชี้แจง นักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์ (Mind Mapping) สรุปความรู้ เรื่อง สนามไฟฟ้า

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม	**แบบทดสอบหลังเรียน**	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
รหัสวิชา ว 33204		เวลา 20 นาที
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ : ไฟฟ้าสถิต		
เรื่อง สนามไฟฟ้า		

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนพิจารณาว่าคำตอบข้อใดถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วกากบาท (✕) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

1. สนามไฟฟ้าที่จุดใด ๆ หมายถึงข้อใด
   - ก. ศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยระยะทางของจุดนั้น
   - ข. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุลบที่วางไว้ ณ จุดนั้น
   - ค. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้น
   - ง. จำนวนเส้นที่แสดงทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประจุทดสอบ

2. เมื่อนำประจุทดสอบ q วางในสนามที่มีความเข้ม E เนื่องจากประจุ Q โดยที่ประจุทดสอบห่างจากประจุต้นกำเนิดเท่ากับ R ความสัมพันธ์ในข้อใดถูกต้อง
   - ก. $E = \frac{KQ}{r}$
   - ข. $E = \frac{KQ}{r^2}$
   - ค. $E = \frac{KQq}{r}$
   - ง. $E = \frac{KQq}{r^2}$

3. ตัวนำทรงกลมลูกหนึ่งรัศมีผิวใน 8 cm รัศมีผิวนอก 10 cm มีประจุ 2×10^{-10} C อยากทราบว่าสนามไฟฟ้าที่ผิวในและผิวนอกของทรงกลมมีขนาดเท่าไร
   - ก. 0, 281 N/C
   - ข. 0, 180 N/C
   - ค. 180, 0 N/C
   - ง. 281, 0 N/C

4. ที่ตำแหน่งหนึ่งซึ่งห่างจากจุดประจุหนึ่ง เป็นระยะ 3 cm มีขนาดสนามไฟฟ้า 10^4 N/C ขนาดของสนามไฟฟ้าที่ห่างจากจุดนี้ 1 cm เป็นเท่าใด

   ก. 0.1×10^4 N/C

   ข. 0.3×10^4 N/C

   ค. 3×10^4 N/C

   ง. 9×10^4 N/C

5. ตัวนำทรงกลมลูกหนึ่งรัศมีผิวใน 8 cm รัศมีผิวนอก 10 cm มีประจุ 1×10^{-10} C สนามไฟฟ้าที่ผิวในและผิวนอกของทรงกลมเป็นเท่าใด

   ก. 0, 9 N/C

   ข. 0, 90 N/C

   ค. 9, 14 N/C

   ง. 14, 90 N/C

6. ที่ตำแหน่ง X ห่างจากจุดประจุขนาด 1.08×10^{-1} C เป็นระยะ 1.8 m จะมีขนาดของสนามไฟฟ้าเป็นเท่าไร

   ก. 2.7×10^9 N/C

   ข. 5.4×10^9 N/C

   ค. 3.0×10^8 N/C

   ง. 9.0×10^8 N/C

7. ชายคนหนึ่งมวล 80 กิโลกรัม ยืนในห้องที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 3000 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศทางพุ่งขึ้นสู่เพดานในแนวดิ่ง ถ้าชายคนนี้ต้องการลอยขึ้นสู่เพดานด้วยความเร่ง 5 เมตรต่อวินาที^{2} เขาจะต้องสร้างประจุไฟฟ้าขนาดเท่าใดให้กับตนเอง

   ก. 0.4 คูลอมบ์

   ข. 0.5 คูลอมบ์

   ค. 0.6 คูลอมบ์

   ง. 0.7 คูลอมบ์

8. จุดประจุ 2 ประจุ อยู่ห่างกัน 0.5 เมตร จุดประหนึ่งมีค่า $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ หากสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์อยู่ระหว่างประจุทั้งสองและห่างจากจุดประจุ $+4 \times 10^{-8}$ คูลอมบ์ เท่ากับ 0.2 เมตร ค่าของอีกจุดประจุหนึ่งมีค่าเท่าไร

   ก. 0.9×10^{-8} คูลอมบ์

   ข. 3×10^{-8} คูลอมบ์

   ค. 9×10^{-8} คูลอมบ์

   ง. 30×10^{-8} คูลอมบ์

9. สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (E) มีขนาด 10^{4} N/C มีทิศลงตามแนวดิ่ง มีลูกพิทมวล 0.04 g เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง $4\ m/s^{2}$ ลูกพิทมีประจุชนิดใดและมีขนาดประจุเท่าไร

   ก. ลบ, 1.6×10^{-8} C

   ข. ลบ, 2.4×10^{-8} C

   ค. บวก, 1.6×10^{-8} C

   ง. บวก, 2.4×10^{-8} C

10. หยดน้ำมันมวล 8×10^{-13} kg ถูกทำให้เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง ด้วยความเร็วคงตัว ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าขนาด 5×10^{6} N/C ประจุไฟฟ้าบนหยดน้ำมันมีค่าเท่าไร

   ก. 1.6×10^{-18} C

   ข. 1.6×10^{-19} C

   ค. 1.6×10^{-20} C

   ง. 1.6×10^{-21} C

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม	**เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน**	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
รหัสวิชา ว 33204		เวลา 20 นาที
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ : ไฟฟ้าสถิต		
เรื่อง สนามไฟฟ้า		

เฉลย

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ข
3.	ข
4.	ง
5.	ข
6.	ค
7.	ก
8.	ค
9.	ข
10.	ก

กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต

ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

สรุปคะแนนทดสอบก่อนเรียน | | 10 |

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

สรุปคะแนนทดสอบหลังเรียน | | 10 |

แบบประเมินผลการใช้ชุดการเรียนการสอน

ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
ก่อนเรียน			
หลังเรียน			

สรุปคะแนน

	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
บัตรกิจกรรม			
บัตรงาน			
บัตรฝึกทักษะ			

สรุปคะแนน

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน

ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า

คำชี้แจง : ให้สังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนที่ปฏิบัติตามชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต **ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า** ตามรายการประเมินต่อไปนี้

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม				รวม (4 คะแนน)	ระดับคุณภาพ	ผลการประเมิน	
		ตั้งใจในการเรียน (4)	สนใจในการซักถาม (2)	ตอบคำถามและมีส่วนร่วมในกิจกรรม (2)	ทำงานทันตามเวลาที่กำหนด (2)			ผ่าน	ไม่ผ่าน
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม				รวม (4 คะแนน)	ระดับคุณภาพ	ผลการประเมิน	
		ตั้งใจในการเรียน (4)	สนใจในการซักถาม (2)	ตอบคำถามและมีส่วนร่วมในกิจกรรม (2)	ทำงานทันตามเวลาที่กำหนด (2)			ผ่าน	ไม่ผ่าน
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
	รวม								
	เฉลี่ย								
	SD								
	ร้อยละ								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน

รายการพฤติกรรมที่ต้องการวัด	พฤติกรรมนักเรียน
1. ตั้งใจเรียน (4 คะแนน)	1. นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยความตั้งใจและกระตือรือร้น 2. นักเรียนมีระเบียบวินัยในการเรียน
2. สนใจในการซักถาม (2 คะแนน)	1. นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น 2. นักเรียนให้ความสนใจในกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติ 3. สงสัยและมีข้อซักถามในสาระการเรียนรู้ที่เรียน
3. การตอบคำถามและมีส่วนร่วม (2 คะแนน)	1. เมื่อมีข้อซักถามจากครูผู้สอน นักเรียนสามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและชัดเจน 2. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ หรือมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม
4. ทำงานทันตามเวลาที่กำหนด (2 คะแนน)	1. นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดให้ หรือใบงานเสร็จทันตามเวลาที่กำหนด

หมายเหตุ

นักเรียนมีพฤติกรรมที่สังเกตเห็นหรือได้ปฏิบัติอย่างน้อย 1 รายการ ให้ถือว่ามีการปฏิบัติตามรายการพฤติกรรมที่ต้องการวัด

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า

กลุ่มที่ .....

สมาชิกภายในกลุ่ม 1 ……...……...…… 2 ……...……...……

3 ……...…… 4 ……...……...……

5 ……...…… 6 ……...……...……

คำชี้แจง : ให้คำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

ที่	รายการพฤติกรรม	คุณภาพการปฏิบัติ			
		ดี (3)	ปานกลาง (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1	มีการปรึกษาและวางแผนร่วมกันก่อนทำงาน	.....	.....	.....	.....
2	มีการแบ่งหน้าที่และสมาชิกทำตามหน้าที่ทุกคน	.....	.....	.....	.....
3	มีการปฏิบัติตามขั้นตอน	.....	.....	.....	.....
4	มีการให้ความช่วยเหลือกัน	.....	.....	.....	.....
5	ผลงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด	.....	.....	.....	.....
6	ผลงานเสร็จทันตามกำหนดเวลา	.....	.....	.....	.....
7	ผลงานมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	.....	.....	.....	.....
8	ผลงานแสดงถึงการนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้	.....	.....	.....	.....
9	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ	.....	.....	.....	.....
10	การจัดวัสดุอุปกรณ์เรียบร้อยหลังเลิกปฏิบัติ	.....	.....	.....	.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการพฤติกรรมการทำงานกลุ่มที่ต้องการวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
1. พฤติกรรมหรือผลงานที่ชัดเจน	คุณภาพดี ได้ 3 คะแนน
2. พฤติกรรมหรือผลงานที่ชัดเจน	คุณภาพปานกลาง ได้ 2 คะแนน
3. พฤติกรรมหรือผลงานต่ำกว่าคนทั่วไป	คุณภาพพอใช้ ได้ 1 คะแนน
4. ไม่ปฏิบัติ	ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
20 – 30	คุณภาพดี ได้ 3 คะแนน
11 – 20	คุณภาพปานกลาง ได้ 2 คะแนน
0 – 10	คุณภาพพอใช้ ได้ 1 คะแนน

แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต ชุดที่ 4 เรื่อง สนามไฟฟ้า
รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

รายการ	ดีเยี่ยม	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
ด้านบรรยากาศการเรียน					
1. นักเรียนมีความสุข สนุกกับการเรียน					
2. กิจกรรมการเรียนเข้าใจง่ายท้าทายให้คิดและไม่น่าเบื่อ					
3. เวลาจัดกิจกรรมเหมาะสม					
4. เนื้อหาที่เรียนเป็นเรื่องใกล้ตัว เข้าใจง่าย					
5. มีสื่อประกอบการเรียนการสอนอย่างหลากหลายน่าสนใจ					
ด้านการทำงานร่วมกัน					
6. นักเรียนทำงานร่วมกันกับเพื่อน ๆ อย่างมีความสุข					
7. การทำกิจกรรมกลุ่มช่วยให้เข้าใจง่ายงานเสร็จเร็วขึ้นและมีคุณภาพ					
8. นักเรียนมีการวางแผนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน					
9. การทำงานกลุ่มในกิจกรรมการเรียนที่คละความสามารถของนักเรียนช่วยให้มีกำลังใจในการทำกิจกรรมมากขึ้น					
10. กิจกรรมการเรียนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์					

รายการ	ดีเยี่ยม	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
ด้านความรู้ความสามารถ 11. นักเรียนได้ปฏิบัติจริงในกิจกรรมการเรียนการสอนนี้					
12. มีการส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ได้ดีขึ้น					
13. นักเรียนมีโอกาสได้ตรวจสอบผลงานของตนเองและเพื่อน					
14. นักเรียนรับทราบผลคะแนนจากการทำกิจกรรมและสอบท้ายชุดการเรียนการสอนทุกครั้ง					
15. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวัน					
ด้านการเห็นคุณค่าและความเชื่อมั่นในตนเอง 16. นักเรียนได้นำความรู้และทักษะจากการเรียนรู้กลุ่มสาระอื่นๆ มาบูรณาการจัดทำกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม					
17. การเรียนรู้แบบร่วมมือส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม					
18. การเรียนรู้แบบร่วมมือส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความภูมิใจและยอมรับในความสามารถของตนเอง					
19. กิจกรรมที่เรียนส่งเสริมความรับผิดชอบของนักเรียน					
20. วิชาฟิสิกส์มีความสำคัญ จำเป็นและมีประโยชน์ในการศึกษาต่อในอนาคต					

บรรณานุกรม แหล่งสารสนเทศและเว็บไซต์

กีรติ ลีวัจนกุล และคณะ. **ตลุยโจทย์ใหม่ฟิสิกส์ ม.6.** กรุงเทพฯ : เอ.พี. กราฟิก ดีไซน์และการพิมพ์, 2552.

คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. **ฟิสิกส์ 2.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538

จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม. 6 เล่ม 1.** กรุงเทพ : พ.ศ.พัฒนา จำกัด, 2549.

นิรันดร์ สุวรัตน์. **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม. 6 เทอม 1.** กรุงเทพ : พ.ศ.พัฒนา จำกัด, 2549.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2549.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2549.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. **ไฟฟ้าสถิต.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www. rmutphysics.com/charud/scibook/static%20electric1/choice/static1-10.htm สืบค้นวันที่ 10 ธันวาคม 2559

เฉลิมชัย มอญสุขำ. **สรุปสูตรฟิสิกส์ ม.6.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http:// www.rmutphysics.com. สืบค้นวันที่ 10 ธันวาคม 2559

ไฟฟ้าสถิต (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :

http://www.pec9.com

http://media-2.web.britannica.com/eb-media/22/222-004-24B4E774.gif

http://weerajit14.blogspot.com/p/blog-page.html

http://electricity-basic.blogspot.com/2012/10/blog-post_31.html

http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/51/index51%20static%20electric.htm

http://trade.indiamart.com/

http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=32572

สืบค้นวันที่ 10 ธันวาคม 2559