ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์

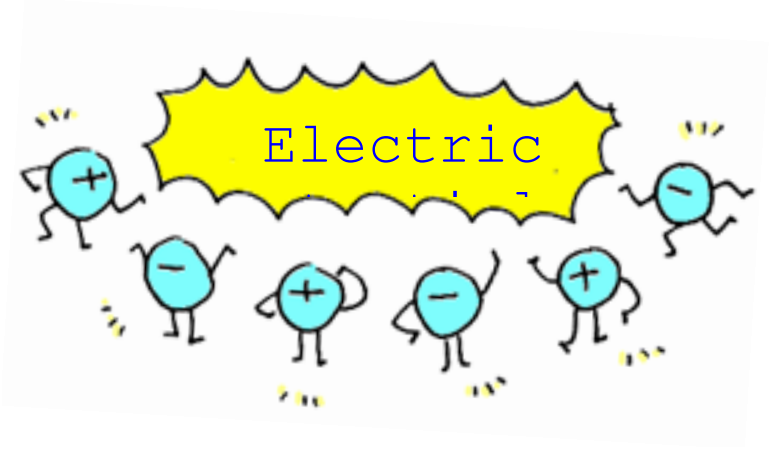
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สาระเพิ่มเติม)

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ว 33204

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า



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 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละชุดจะประกอบด้วย บัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม และบัตรแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พร้อมด้วยการ์ตูนที่ใช้สำหรับเสริมแรงและเพิ่มความน่าสนใจของชุดการเรียนการสอน

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	41
แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม	42
เฉลยบัตรกิจกรรม	44
บัตรงาน	46
เฉลยบัตรงาน	48
บัตรฝึกทักษะ	50
เฉลยบัตรฝึกทักษะ	55
บัตรสรุปความรู้ (แผนผังมโนทัศน์)	60
แบบทดสอบหลังเรียน	61
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	64
กระดาษคำตอบ	65
แบบประเมินผลการใช้ชุดการเรียนการสอน	66
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน	67
แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	70
แบบประเมินผลความพึงพอใจ	72
บรรณานุกรม แหล่งสาระสนเทศและเวปไซต์	74

คำชี้แจงเกี่ยวกับการใช้ชุดการเรียนการสอน

คำชี้แจง

1. ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า 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 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า 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

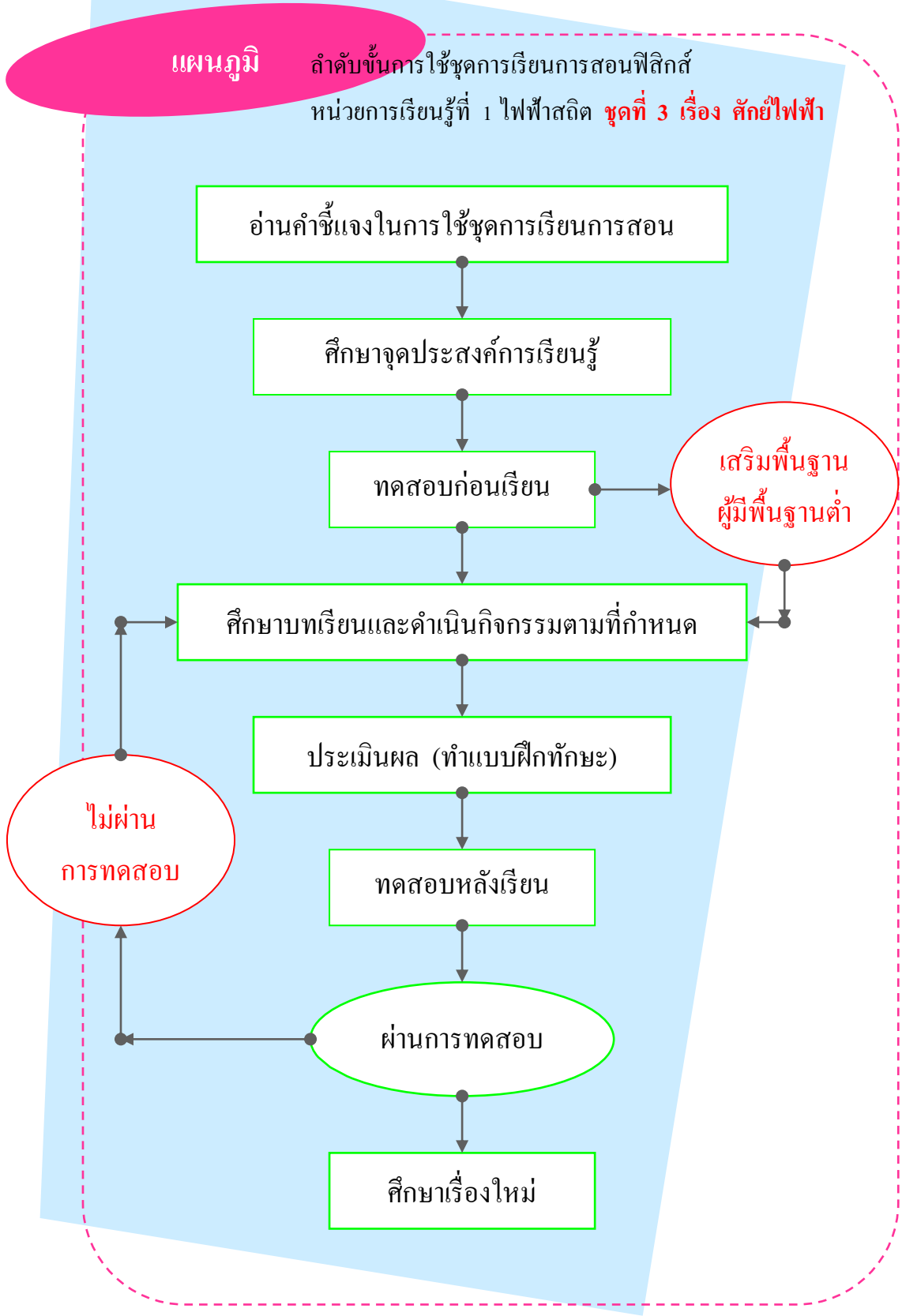
คู่มือนักเรียน

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 ศักย์ไฟฟ้า		

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

1. ที่จุดซึ่งห่างจากจุดประจุคงที่เป็นระยะหนึ่งมีศักย์ไฟฟ้า 600 โวลต์ และมีความเข้มสนามไฟฟ้า 100 N/C จงหาปริมาณของประจุไฟฟ้านั้น

   ก. 1×10^{-7} คูลอมบ์

   ข. 2×10^{-7} คูลอมบ์

   ค. 3×10^{-7} คูลอมบ์

   ง. 4×10^{-7} คูลอมบ์

2. วางประจุไฟฟ้า 3×10^{-4} C ที่ตำแหน่ง $X = -2$ m , $Y = 0$ m และประจุลบขนาดเท่ากันที่ตำแหน่ง $X = 0$ m , $Y = 3$ m ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งจุดกำเนิด $(0, 0)$ จะเป็นกี่โวลต์

   ก. 4.5×10^{5} V

   ข. 6.5×10^{5} V

   ค. 8.5×10^{5} V

   ง. 9.5×10^{5} V

3. ทรงกลมรัศมี 0.6 เมตร จะต้องมีประจุเท่าใดจึงจะทำให้ทรงกลมมีศักย์ไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 6×10^{6} โวลต์

   ก. 0.0001 C

   ข. 0.0002 C

   ค. 0.0003 C

   ง. 0.0004 C

4. สี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปหนึ่งมีประจุ +50, -100, +30 คูลอมบ์ วางอยู่ที่มุมสามมุม มุมละประจุ ถ้านำประจุ Q คูลอมบ์ ไปวางไว้ที่มุมที่สี่ มีผลทำให้จุดที่เส้นทะแยงมุมตัดกันมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ จงหาค่า Q ว่าเป็นกี่คูลอมบ์

   ก. -20 คูลอมบ์

   ข. -30 คูลอมบ์

   ค. +20 คูลอมบ์

   ง. +30 คูลอมบ์

5. แผ่นตัวนำขนานห่างกัน 10 cm มีความต่างศักย์ 24 V ทำให้เกิดสนามสม่ำเสมอตามแนวดิ่งเมื่อนำลูกพิทมวล 0.6 g ที่มีประจุ 5×10^{-6} C มาแขวนไว้ด้วยด้ายเบาเส้นเล็ก ๆ ยาว 3 cm ปลายหนึ่งผูกติดอยู่กับแผ่นโลหะแผ่นบน ปรากฏว่าเส้นด้ายขาดลูกพิทจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งกี่ m/s^2

   ก. 6 m/s^2

   ข. 7 m/s^2

   ค. 8 m/s^2

   ง. 9 m/s^2

6. อนุภาคมวล 1×10^{-6} กิโลกรัม มีประจุ 4×10^{-9} คูลอมบ์ วางอยู่ในสนามไฟฟ้า 1,000 นิวตัน/คูลอมบ์ จงหาความเร่งของอนุภาคนี้

   ก. 2 m/s^2

   ข. 4 m/s^2

   ค. 6 m/s^2

   ง. 8 m/s^2

7. ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล 4×10^{-12} กิโลกรัม ที่มีประจุ 8×10^{-9} คูลอมบ์ จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร/วินาที จะต้องใช้ต่างศักย์เท่าใด

   ก. 0.025 โวลต์

   ข. 2.5 โวลต์

   ค. 4.0 โวลต์

   ง. 40 โวลต์

8. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

    1. บริเวณที่สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่าสนามไฟฟ้านั้น
    2. บริเวณที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย
    3. บริเวณที่ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย

    <u>ข้อที่ผิดคือ</u>

    ก. ข้อ 1 และ 2

    ข. ข้อ 1 และ 3

    ค. ข้อ 2 และ 3

    ง. ข้อ 1, 2 และ 3

9. อนุภาคมีประจุ 2×10^{-5} C เริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 2 V/m เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 50 cm ในทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า อนุภาคนี้จะมีพลังงานจลน์เท่าไร

    ก. 1.6×10^{-5} จูล

    ข. 2×10^{-3} จูล

    ค. 4×10^{-4} จูล

    ง. 8×10^{-4} จูล

10. เมื่อเอาลวดตัวต้านทาน 6 โอห์ม และ 3 โอห์ม มาต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้าขนาด 15 โวลต์, 1 โอห์ม จะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างเซลล์เท่าไร เมื่อลวดตัวต้านทานทั้งสองต่อกันแบบขนาน

    ก. 10 โวลต์

    ข. 11.5 โวลต์

    ค. 13.5 โวลต์

    ง. 14 โวลต์

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

เฉลย

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

ชุดการเรียนการสอน

ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถบอกลักษณะของศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า ได้
2. นักเรียนสามารถเขียนและใช้สมการของศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้
4. สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และสามารถนำไปอธิบายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องได้

สาระสำคัญ

ศักย์ไฟฟ้า คือ “ระดับพลังงานที่อยู่ในวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า” .

- วัตถุใดมีระดับไฟฟ้าสูง เรียกว่า *มีศักย์ไฟฟ้าสูง*
- วัตถุใดมีระดับไฟฟ้าต่ำ เรียกว่า *มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ* .

ศักย์ไฟฟ้าของวัตถุใด คือ “สถานะทางไฟฟ้าของวัตถุนั้นที่จะแสดงให้ทราบว่าเมื่อต่อวัตถุนั้นกับดินแล้วอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่อย่างไร”

- ถ้าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากวัตถุไปสู่ดิน ก่อนต่อกับดินวัตถุนั้นมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ
- ถ้าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากดินไปหาวัตถุ ก่อนต่อกับดินวัตถุนั้นมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากศักย์ไฟฟ้าต่ำไปยังศักย์ไฟฟ้าสูง
- วัตถุที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก และเป็นอิสระ *มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก*
- วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ และเป็นอิสระ *มีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ*

สาระการเรียนรู้

1. ศึกษาเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต เกี่ยวกับประจุไฟฟ้า ทราบถึงวิธีการทำให้เกิดประจุไฟฟ้า
2. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาชนิดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า และชนิดของประจุไฟฟ้า ความหมายของสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ตัวนำและฉนวน การเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้า
3. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาวิธีการทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ พร้อมทั้งทราบถึงวิธีทำให้วัตถุตัวนำมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ พร้อมทั้งต่อสายดิน
4. ศึกษาเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์
5. ศึกษาสนามไฟฟ้า เส้นแรงไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า การเก็บประจุ และพลังงานของตัวเก็บประจุ
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

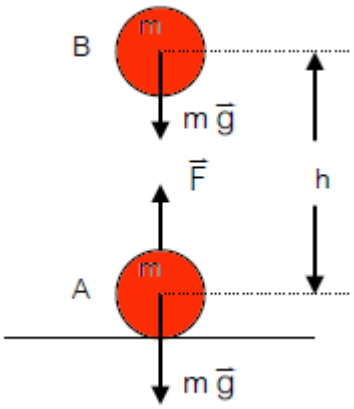
1. นักเรียนอ่านคู่มือนักเรียนให้เข้าใจก่อนลงมือศึกษา ชุดการเรียนการสอนที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า
2. ศึกษาบัตรเนื้อหาที่ครูแจกให้เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า
3. ให้นักเรียนอ่านบัตรกิจกรรมและปฏิบัติกิจกรรม ลงในแบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม และตรวจความถูกต้องจากบัตรเฉลยกิจกรรม
4. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามลงในบัตรงานที่ครูจัดเตรียมไว้ให้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

บัตรเนื้อหา

ศักย์ไฟฟ้า

ศักย์ไฟฟ้า (Electric potential)

จากการศึกษาเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่อวัตถุอยู่ในสนามโน้มถ่วงก็จะมีพลังงานกระทำต่อวัตถุนั้น สังเกตได้จากวัตถุนั้นจะตกลงสู่จุดอ้างอิงเสมอ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก โดยจุดอ้างอิงนั้นจะมีพลังงานต่ำกว่า เราเรียกพลังงานนี้ว่า *พลังงานศักย์โน้มถ่วง*



ภาพที่ 1 แสดงพลังงานศักย์โน้มถ่วง

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 1 เมื่อเรายกวัตถุมวล m จาก A ไป B ต้องทำงานเท่ากับพลังงานศักย์ของวัตถุที่ B มีค่ามากกว่าที่ A ซึ่งเท่ากับ mgh เมื่อกำหนดให้พลังงานศักย์ของวัตถุที่ A เป็นศูนย์

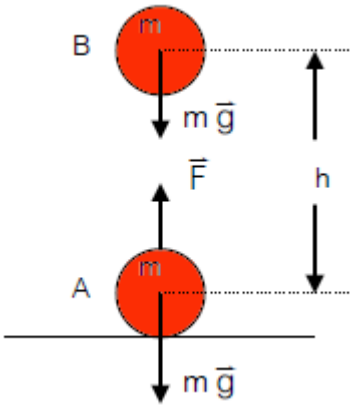
จึงพอสรุปได้ว่า ***"พลังงานศักย์โน้มถ่วง ณ จุดใด คือ งานในการย้ายวัตถุจากจุดอ้างอิงไปยังจุดนั้น"***

จากภาพที่ 1 สามารถเขียนสมการพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้ดังนี้

เมื่อ

E_p คือ พลังงานศักย์โน้มถ่วง

W คือ งานที่เคลื่อนมวล m จาก A ไป B



$$E_{p(B)} - E_{p(A)} = W_{A \rightarrow B}$$

$$E_{p(B)} - E_{p(A)} = F.s$$

$$E_{p(B)} - E_{p(A)} = mgh$$

เมื่อ A เป็นจุดอ้างอิงที่กำหนดให้เป็นศูนย์จะได้

$$E_{p(B)} = mgh$$

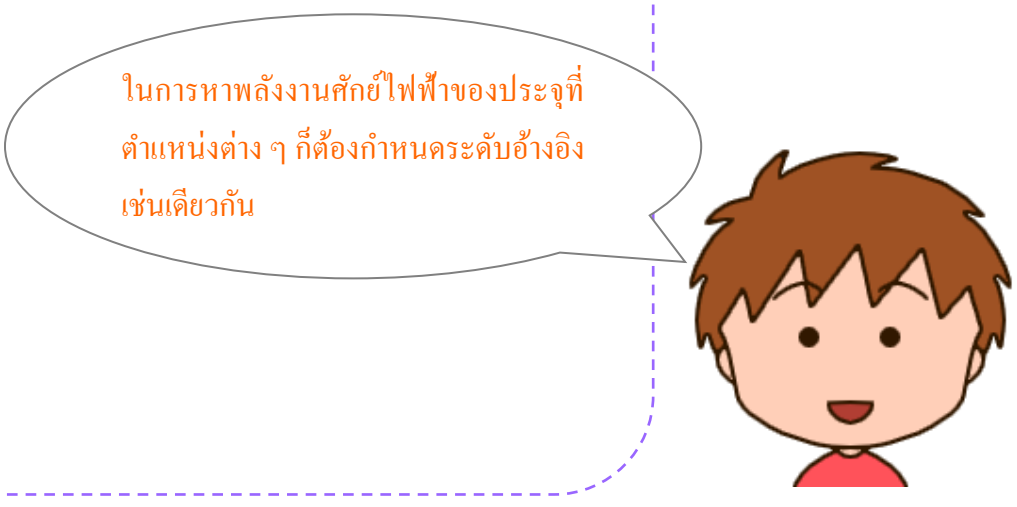
ในทำนองเดียวกับที่กล่าวมานี้ เมื่อพิจารณาประจุในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าก็จะพบว่าประจุจะได้รับแรงกระทำจากสนามไฟฟ้า ซึ่งอาจทำให้ประจุเคลื่อนที่และเกิดงานได้ จึงกล่าวได้ว่า ประจุเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งต่าง ๆที่มีสนามไฟฟ้า จะมีพลังงานศักย์ ซึ่งเรียกว่า ***พลังงานศักย์ไฟฟ้า***

เมื่อนำประจุจำนวน q ไปไว้ที่ตำแหน่งหนึ่ง แล้วมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเป็น Ep พลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อ 1 หน่วยประจุ ที่ตำแหน่งนั้นจะมีค่าเป็น $\frac{E_P}{q}$ เรียกปริมาณนี้ว่า ***ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้น*** และเมื่อให้ V เป็นศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น จะเขียนได้ว่า

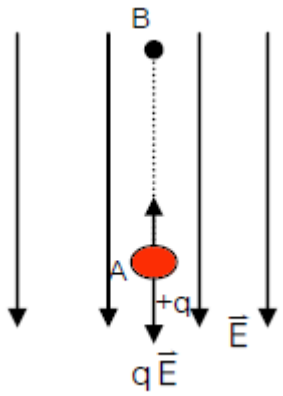
$$V = \frac{E_P}{q}$$

จากสมการ $V = \frac{E_P}{q}$ จะเห็นได้ว่า ***ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์*** เพราะเป็นขนาดของพลังงานต่อหนึ่งหน่วยประจุ *และเมื่อพลังงานศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นจูล (J) ประจุมีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) ศักย์ไฟฟ้าก็จะมีหน่วยเป็นจูลต่อคูลอมบ์ ซึ่งเรียกว่า โวลต์ (V)*

ในกรณีสนามโน้มถ่วงของโลก พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความสูงของวัตถุ เมื่อเทียบกับระดับอ้างอิง โดยจะเป็นระดับใดก็ได้แล้วแต่จะกำหนด และให้ระดับอ้างอิงนี้มีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นศูนย์

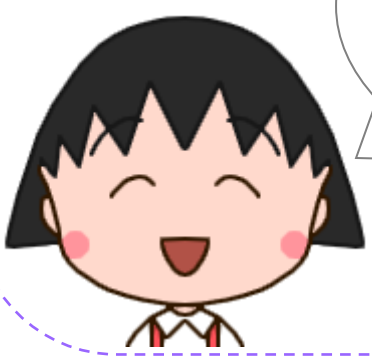


เมื่อพิจารณาประจุ +q วางไว้ในสนามไฟฟ้า (E) สม่ำเสมอดังภาพที่ 2 จะเกิดแรงกระทำ (F = qE) ในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า ถ้าต้องการย้ายประจุ +q จาก A ไป B จะต้องให้แรงภายนอกกระทำต่อประจุ +q ในทิศทางสวน สนามไฟฟ้ามีขนาดเท่ากับแรงที่สนามไฟฟ้ากระทำซึ่งก็เป็นการให้งานแก่ประจุไฟฟ้า เราอาจกล่าวได้ว่า *ประจุไฟฟ้าที่ B มีพลังงานศักย์ไฟฟ้ามากกว่าเมื่อประจุไฟฟ้าอยู่ที่ A*



ภาพที่ 2 แสดงการเคลื่อนประจุจาก A ไป B

เมื่อปล่อยประจุ +q เคลื่อนที่ได้อิสระ แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าก็จะทำให้ประจุ +q เคลื่อนที่ในทิศของสนาม คือ จาก B มา A นั่นคือ เมื่อปล่อยให้ประจุเคลื่อนที่อิสระ โดย*ประจุบวกจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงมายังศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า เช่นเดียวกับการตกเสรีของวัตถุภายใต้อิทธิพลของสนามโน้มถ่วงและสนามไฟฟ้ามีทิศชี้จากตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ*



ถ้าให้ศักย์ไฟฟ้าที่ B และที่ A เป็น V_B และ V_A ตามลำดับ ผลต่างของศักย์ไฟฟ้า $V_B - V_A$ ระหว่างสองตำแหน่งนี้เรียกว่า **ความต่างศักย์ไฟฟ้า หรือความต่างศักย์**

และถ้าให้งานในการเคลื่อนประจุ +q จากจุด A ไปยังจุด B ด้วยอัตราเร็วคงตัว เป็น W งานในการเคลื่อนประจุ +1 หน่วย จาก A ไป B จะมีค่าเท่ากับ $\frac{W}{q}$ แสดงว่าศักย์ไฟฟ้าที่ B มากกว่าที่ A เป็นปริมาณ $\frac{W}{q}$

จึงกล่าวได้ว่า ***งานที่เกิดขึ้นในการเคลื่อนที่ประจุ +1 หน่วย จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งภายในบริเวณที่มีสนามในสนามไฟฟ้า คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง 2 ตำแหน่งนั้น***

ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

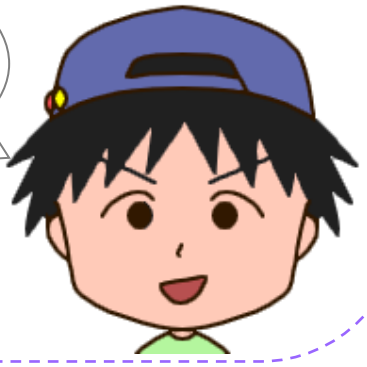
$$V_B - V_A = \frac{W}{q}$$

เนื่องจากความต่างศักย์เป็นค่าของงานต่อหนึ่งหน่วยประจุ จึงเป็นปริมาณสเกลาร์ และมีหน่วยเป็นโวลต์ (V) เช่นเดียวกับหน่วยของศักย์ไฟฟ้า

จากสมการ $V_B - V_A = \frac{W}{q}$ *(ถ้ากำหนดให้ V_A เป็นศูนย์)*

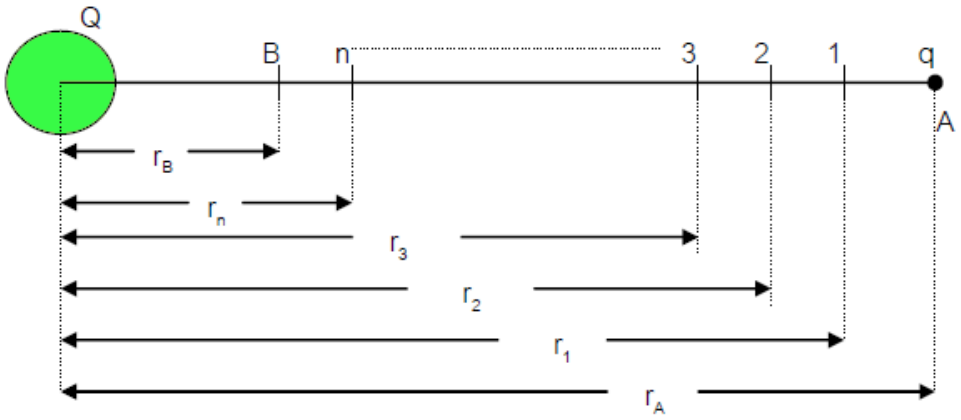
จะได้ $V_B = \frac{W}{q}$

กล่าวได้ว่า ***ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ คือ ความต่างศักย์ระหว่างตำแหน่งนั้นกับตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์***



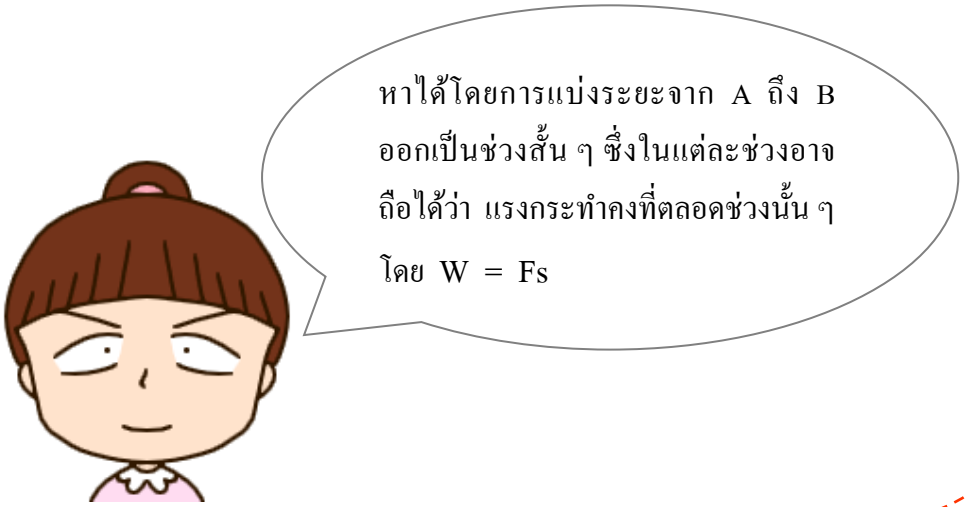
ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุด

จากความหมายของศักย์ไฟฟ้าถ้าต้องการหาศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต้องหางานที่ต้องทำในการย้าย ประจุ +1 หน่วย จากระยะอนันต์มายังจุดนั้น จากภาพที่ 3 ต้องการหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และจุด B ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะต่างกัน



ภาพที่ 3 แสดงงานในการเคลื่อนประจุจาก A ไป B

จากภาพที่ 3 จุด A และ B ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุ Q ออกมาเป็นระยะ r_A และ r_B ตามลำดับ โดยประจุ Q จุด A และ B อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันดังภาพ *ถ้าเคลื่อนประจุ +q จาก A ไป B ด้วยอัตราเร็วคงที่ เราต้องออกแรง F โดยขนาดของแรง F จะเท่ากับขนาดของแรงที่สนามไฟฟ้า* เนื่องจากประจุ Q ด้านการเคลื่อนที่ของประจุ +q งานที่เกิดเนื่องจากการย้ายประจุ +q จาก A ไป B



ให้ W_{A1} คือ งานในการย้ายประจุ +q จากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่ง 1 จะได้ว่า

$$W_{A1} = F(r_A - r_1)$$

และ $F = \frac{KQq}{r^2}$ โดย r_A มีค่าใกล้เคียง r_1 มากจนถือได้ว่า $r^2 \cong r_A r_1$

ดังนั้น $$W_{A1} = \frac{KQq}{r_A r_1}(r_A - r_1)$$

$$W_{A1} = KQq\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_A}\right)$$

ทำนองเดียวกัน $$W_{12} = KQq\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

$$W_{23} = KQq\left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$W_{nB} = KQq\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_n}\right)$$

ดังนั้น งานทั้งหมด W ในการย้ายประจุ +q จาก A มา B มีค่า

$$W_{A\rightarrow B} = W_{A1} + W_{12} + W_{23} + \ldots + W_{nB}$$

$$W_{A\rightarrow B} = KQq\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_A}\right) + \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) + \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_2}\right) + \ldots + \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_n}\right)\right]$$

$$W_{A\rightarrow B} = KQq\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

จาก $V_B - V_A = \frac{W}{q}$ ดังนั้น $V_B - V_A = \frac{KQ}{r_B} - \frac{KQ}{r_A}$

ถ้า A อยู่ที่ระยะอนันต์ ($V_A = 0$) จะได้ $V_B = \frac{KQ}{r_B}$

นั่นคือ ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากจุดประจุ Q เป็นระยะ r หาได้จาก

$$V = \frac{KQ}{r}$$

จากการกำหนดให้ตำแหน่งที่ระยะอนันต์มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ทำให้กล่าวได้ว่า *ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใดก็คือ งานในการนำประจุ +1 หน่วยจากระยะอนันต์มายังตำแหน่งนั้น*

ศักย์ไฟฟ้าจะมีค่าเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับชนิดของประจุที่ทำให้เกิดสนาม เช่น *ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบริเวณที่สนามไฟฟ้าของประจุบวกจะมีค่าเป็นบวก*

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่าง จงหาศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของประจุต่อไปนี้

1. ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ 4 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 5 เซนติเมตร
2. ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ - 4 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 10 เซนติเมตร

วิธีทำ 1. จาก $V = \frac{KQ}{r}$

ดังนั้น $V = \frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}}{5\times10^{-2}}$

$V = 7.2\times10^{5}\ V$

ตอบ ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ 4 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 5 ซม.เท่ากับ 7.2×10^{5} โวลต์

2. จาก $V = \frac{KQ}{r}$

ดังนั้น $V = \frac{9\times10^{9}\times-4\times10^{-6}}{10\times10^{-2}}$

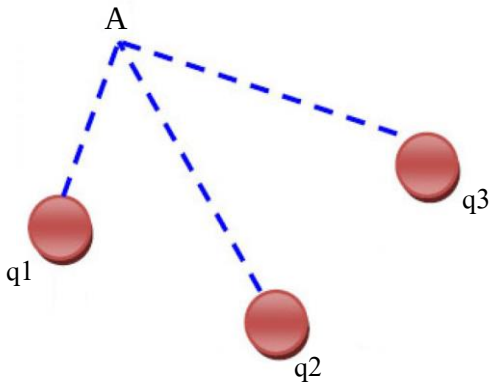
$V = -3.6\times10^{5}\ V$

ตอบ ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดประจุ -4 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 10 ซม.เท่ากับ -3.6×10^{5} โวลต์

ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ 1 จุดประจุ และมากกว่า 1 จุดประจุ

ในกรณีที่ตำแหน่งที่พิจารณานั้นมีสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุหลาย ๆ จุดประจุ ศักย์ไฟฟ้ารวมที่ตำแหน่งนั้นก็จะเป็นผลรวมทางพีชคณิตของศักย์ไฟฟ้า เนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดที่ตำแหน่งนั้น เช่น จากภาพที่ 4 เมื่อให้ V_1, V_2 และ V_3 เป็นศักย์ไฟฟ้าที่จุด A เนื่องจากจุดประจุ q1, q2 และ q3 ตามลำดับ ศักย์ไฟฟ้า V ที่จุด A เนื่องจากจุดประจุทั้ง 3 จะมีค่า

$$V_A = V_1 + V_2 + V_3$$



ภาพที่ 4 แสดงศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ q1 , q2 และ q3

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งหนึ่งเนื่องจาก n จุดประจุ จึงเขียนสมการได้ว่า

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i$$

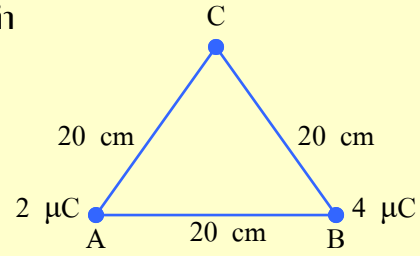
เมื่อ V คือ ศักย์ไฟฟ้ารวมที่ตำแหน่งหนึ่ง

V_i คือ ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้นเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุด

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่าง สามเหลี่ยมด้านเท่า ABC มีความยาวด้านละ 20 เซนติเมตร ที่จุด A และ B มีประจุ -2 ไมโครคูลอมบ์ และ 4 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด C

วิธีทำ



จาก $V_c = \frac{KQ_A}{r_A} + \frac{KQ_B}{r_B}$

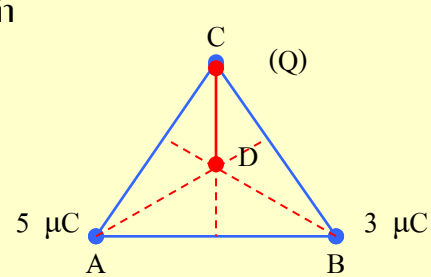
ดังนั้น $V = \frac{9\times10^{9}}{2\times10^{-1}}\left(-2\times10^{-6} + 4\times10^{-6}\right)$

$\therefore \quad V = 9\times10^{4}\ \text{V}$

ตอบ ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าที่จุด C เท่ากับ 9×10^{4} โวลต์

ตัวอย่าง จุดประจุ 3 จุดประจุ วางอยู่ที่มุมของสามเหลี่ยมด้านเท่ายาวด้านละ 4 เซนติเมตร ทำให้จุดที่เส้นมัธยฐานทั้งสามเส้นตัดกัน มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ หากจุดประจุ 2 จุดประจุ มีค่า 5 ไมโครคูลอมบ์ และ 3 ไมโครคูลอมบ์ จงหาค่าจุดประจุจุดที่ 3

วิธีทำ



จาก $V_D = 0$

$$\frac{KQ_A}{AD} + \frac{KQ_B}{BD} + \frac{KQ_C}{CD} = 0$$

(ABC เป็น △ ด้านเท่า จะได้ว่า AD = BD = CD)

จะได้ $Q_A + Q_B + Q_c = 0$

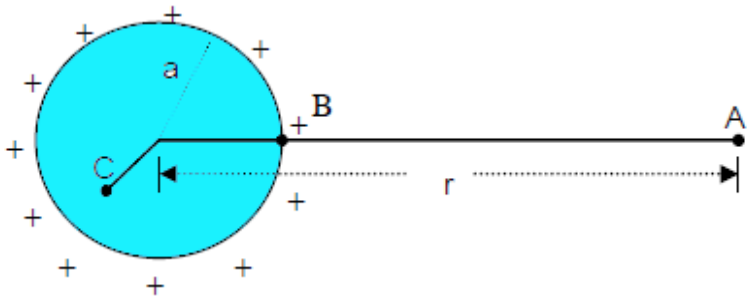
$5 + 3 + Q = 0$

$\therefore \quad Q = -8\ \mu\text{C}$

ตอบ ดังนั้นจุดประจุจุดที่ 3 มีค่า -8 ไมโครคูลอมบ์ (คือเป็นประจุลบขนาด 8 ไมโครคูลอมบ์)

ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม

จากความรู้เรื่องตัวนำทรงกลมที่มีประจุ พบว่า *การกระจายของประจุจะอยู่เฉพาะที่ผิวอย่างสม่ำเสมอ และรอบ ๆ ตัวนำทรงกลมจะมีสนามไฟฟ้า* ซึ่งได้ศึกษาไปแล้ว ในที่นี้จะศึกษาศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม ทั้งภายนอกและภายในทรงกลม ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงศักย์ไฟฟ้าภายนอกและภายในทรงกลม

จากภาพที่ 5 ให้ตัวนำทรงกลมรัศมี a มีประจุ +Q ที่ผิวนอกของทรงกลม จุด A อยู่ภายนอกทรงกลมห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมเป็นระยะ r จุด B อยู่ที่ผิวทรงกลม จุด C อยู่ภายในผิวทรงกลม

ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดภายนอกทรงกลม

ในการหาศักย์ไฟฟ้า ณ จุดภายนอกทรงกลม จะเสมือนว่าประจุ +Q จะรวมอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A ซึ่งมีค่า V_A จะหาได้จาก

$$V_A = \frac{KQ}{r}$$

ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดภายในทรงกลม

การศักย์ไฟฟ้าภายในทรงกลมที่จุด C อาจหาได้จากงานในการย้ายประจุ +q จากจุด B ไปยังจุด C ดังนี้

จาก $W_{A \rightarrow B} = q(V_C - V_B)$, (เมื่อ $W = Fs$)

$Fs = q(V_C - V_B)$, (เมื่อ $F = qE$)

$qE(BC) = q(V_C - V_B)$

แต่ภายในทรงกลมสนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ $(E = 0)$ ดังนั้น

$0 = q(V_C - V_B)$

$\therefore V_C = V_B$

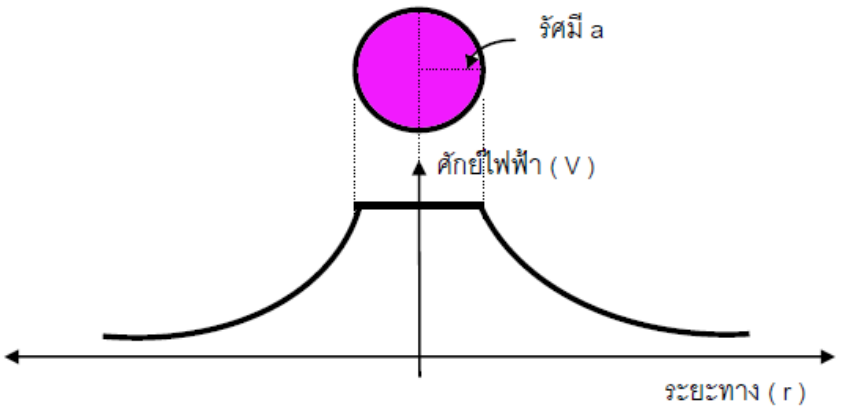
นั่นคือ ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ ในทรงกลมย่อมมีค่าคงที่เท่ากับที่ผิวทรงกลมเสมอ

เมื่อ (a คือ รัศมีของทรงกลม)

$$V = \frac{KQ}{a}$$

ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดบนตัวนำทรงกลม

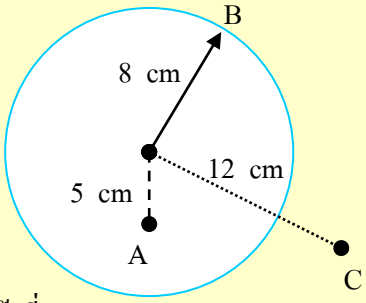
ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนาทรงกลมแสดงได้ดังกราฟในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนาทรงกลม

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่าง ทรงกลมตัวนำซึ่งมีรัศมี 8 เซนติเมตร และมีประจุ 2.4 ไมโครคูลอมบ์ จงหาศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง ซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของกลมตัวนำเป็นระยะทางเท่ากับ 5 เซนติเมตร และ 12 เซนติเมตร



วิธีทำ หาศักย์ไฟฟ้าจาก $V = \frac{KQ}{r}$

ที่ตำแหน่ง A และ B จะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน

โดยเราหาศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง B แล้วจะได้ศักย์ไฟฟ้าที่ A

$$V_B = \frac{9\times10^{9}\times2.4\times10^{-6}}{8\times10^{-2}}$$

$$V_B = 2.7\times10^{5}\ \text{V}$$

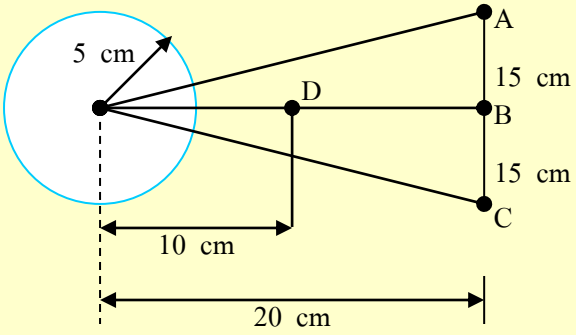
$$\therefore \quad V_A = 2.7\times10^{5}\ \text{V}$$

$$V_C = \frac{9\times10^{9}\times2.4\times10^{-6}}{12\times10^{-2}}$$

$$V_C = 1.8\times10^{5}\ \text{V}$$

ตอบ ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลางระยะ 5 ซม. เท่ากับ 2.7×10^{5} V (ศักย์ไฟฟ้าภายในทรงกลม ตัวนำเท่ากับที่ผิวทรงกลม), ศักย์ไฟฟ้าที่ห่างจากจุดศูนย์กลางระยะ 12 ซม. เท่ากับ 1.8×10^{5} V

ตัวอย่าง ทรงกลมโลหะรัศมี 5 เซนติเมตร มีประจุบวกกระจายบนผิวอย่างสม่ำเสมอ 9×10^{-6} คูลอมบ์ จากรูปจงหางานในการเคลื่อนประจุ $+2\times10^{-6}$ คูลอมบ์ ตามเส้นทาง $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$



วิธีทำ งานในการเคลื่อนประจุนั้นจะไม่คำนึงถึงเส้นทางในการเคลื่อนประจุเป็นหลักสำคัญ แต่จะคำนึงถึงการเคลื่อนที่จากศักย์ไฟฟ้าหนึ่งไปอีกศักย์ไฟฟ้าหนึ่ง

จากรูป ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง A และ D มีค่า

$$V_A = \frac{9\times10^{9}\times9\times10^{-6}}{25\times10^{-2}}$$

$$V_D = \frac{9\times10^{9}\times9\times10^{-6}}{10\times10^{-2}}$$

$$W_{A\rightarrow B} = q\,(V_C - V_B)$$

$$= 2\times10^{-6}\times9\times10^{9}\times9\times10^{-6}\left[\frac{1}{0.10}-\frac{1}{0.25}\right]$$

$$= 0.162\times6$$

$$= 0.972 \text{ J}$$

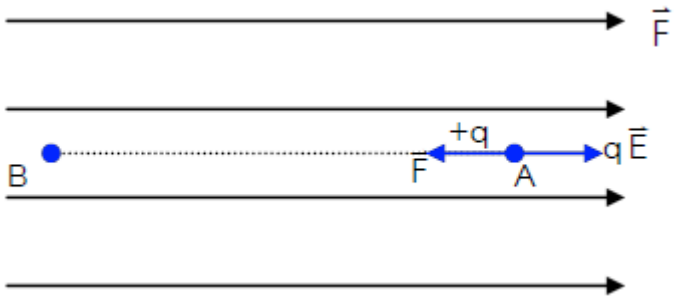
ตอบ งานในการเคลื่อนประจุ 2×10^{-6} คูลอมบ์ มีค่าเท่ากับ 0.972 จูล

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

จากการศึกษาเรื่องการเคลื่อนย้ายประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้า พบว่า *งานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุ +1 หน่วย จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งในสนามไฟฟ้า คือ* ***ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งนั้น***

โดยความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ จะมีความสัมพันธ์กับขนาดสนามไฟฟ้า ดังจะได้พิจารณาต่อไปนี้

ให้ A และ B เป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ E โดยอยู่ห่างกันเป็นระยะ d และมีศักย์ไฟฟ้าเป็น V_A และ V_B ตามลำดับ เมื่อให้ F เป็นแรงที่ทำให้ประจุ +q เคลื่อนที่จาก A ไป B ด้วยอัตราเร็วคงที่ ขนาดของแรง F จะเท่ากับขนาดของแรงที่สนามไฟฟ้าต่อต้านการเคลื่อนที่ของประจุ +q ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการเคลื่อนประจุในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนประจุ +q จาก A ไป B หาได้จาก

จาก $W_{A \rightarrow B} = q(V_B - V_A)$, (เมื่อ $W = Fs$)

$Fs = q(V_B - V_A)$, (เมื่อ $F = qE, s = d$)

$qEd = q(V_{BA})$, $V_{BA} = V_B - V_A$

$$E = \frac{V_{BA}}{d}$$

หรือ

$$E = \frac{V_B - V_A}{d}$$

เมื่อ $V_B - V_A$ คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดทั้งสองที่ห่างกัน d

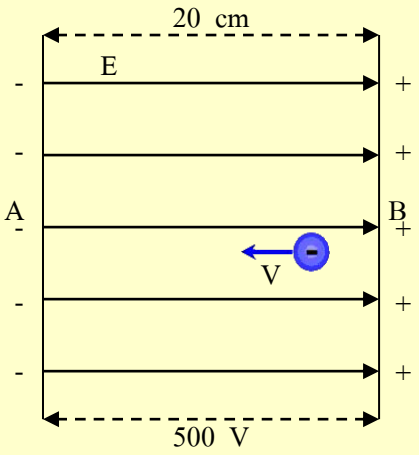
หน่วยของสนามไฟฟ้า นอกจากเป็น ***นิวตัน/คูลอมบ์ (N/C)*** *อาจเขียนใหม่เป็น* ***โวลต์/เมตร (V/m)***

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่าง แผ่นคู่ขนาน 2 แผ่น ห่างกัน 20 เซนติเมตร มีความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสอง 500 โวลต์ จงหา

ก. สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานทั้งสอง

ข. ถ้าอิเล็กตรอนหลุดจากแผ่นลบด้วยความเร่ง 1×10^{15} เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง จะเคลื่อนที่ไปถึงแผ่นบวกด้วยอัตราเร็วเท่าไร



วิธีทำ ก. สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานทั้งสอง

$$\text{จาก} \quad E = \frac{\Delta V}{d}$$

$$E = \frac{500}{0.2}$$

$$\therefore \quad E = 2500 \text{ V/m}$$

ตอบ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานทั้งสองมีค่าเท่ากับ 2500 โวลต์ต่อเมตร

ข. จะเคลื่อนที่ถึงแผ่นบวกด้วยอัตราเร็วเท่ากับ

$$V^2 = u^2 + 2as$$

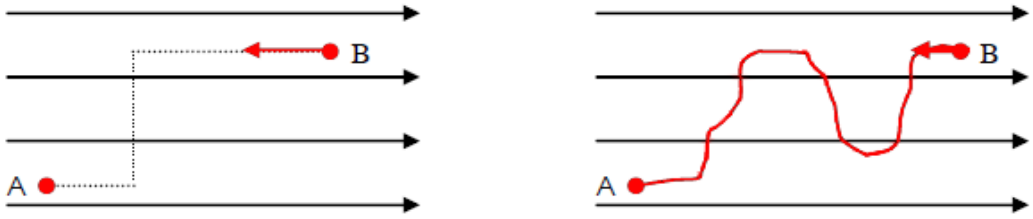
$$V^2 = (2\times10^{15})(0.2)$$

$$V = 2\times10^{7} \text{ m/s}$$

ตอบ อิเล็กตรอนหลุดจากแผ่นลบถึงแผ่นบวกด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 2×10^{7} เมตรต่อวินาที

งานในการเคลื่อนประจุ

งานในการเคลื่อนประจุจะไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของประจุ แต่จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งแรกกับตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 8

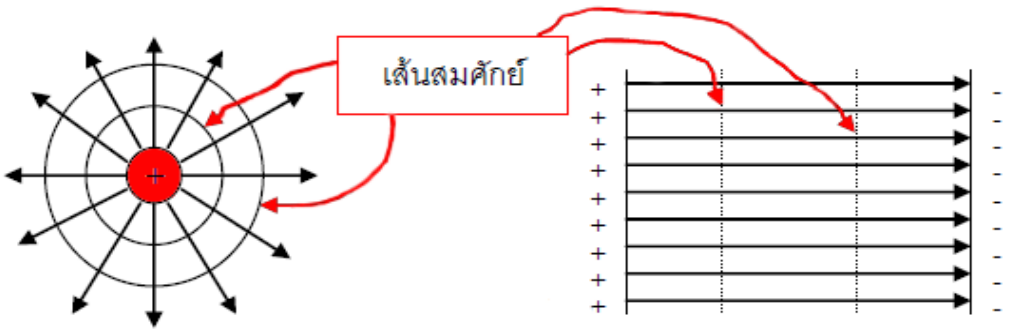


ภาพที่ 8 แสดงการเคลื่อนประจุจากตำแหน่ง B ไป A

งานในการเคลื่อนประจุมีค่า $W = q(V_B - V_A)$ จากสมการจะไม่ขึ้นอยู่กับระยะการเคลื่อนประจุ

เส้นสมศักย์

เส้นที่ลากต่อเชื่อมจุดต่าง ๆ ในสนามไฟฟ้าที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันเราเรียกว่า ***เส้นสมศักย์ (Equipotential Lin)*** เส้นสมศักย์จะตั้งฉากกับเส้นแรงไฟฟ้าเสมอ จุด 2 จุด ที่อยู่บนเส้นสมศักย์เดียวกัน จะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงเส้นสมศักย์

ตำแหน่งที่ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์

ตำแหน่งที่ถือว่ามีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์มี 2 ตำแหน่ง คือ

ก. จุดที่อยู่ไกลจากประจุต้นเหตุมาก ๆ (ระยะอนันต์)

ข. จุดต่างๆ บนพื้นโลก (หรือจุดที่ต่าง ๆ ที่ต่อลงดินนั่นเอง)

สรุปสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาศักย์ไฟฟ้า

พลังงานศักย์ไฟฟ้า $Ep = q\Delta V$

ความต่างศักย์ไฟฟ้า $V_{AB} = V_B - V_A$

สนามไฟฟ้า $E = \frac{\Delta V}{d}$

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับศักย์ไฟฟ้า

ตัวอย่าง ทรงกลมตัวนำรัศมี 2 cm และ 3 cm มีประจุ -4 μC และ 6 μC ตามลำดับ เมื่อนำมาสัมผัสกัน แล้วแยกออกที่ผิวของทรงกลมจะมีศักย์ไฟฟ้ากี่โวลต์

วิธีทำ เมื่อตัวนาทรงกลมมาสัมผัสกันจะมีการถ่ายเทประจุมีประจุรวม

$Q_1 + Q_2 = -4 + 6 = 2$ μC ตัวนำทรงกลมทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากัน

ดังนั้น ทรงกลมทั้งสองจึงมีประจุไม่เท่ากัน แต่จะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน

เมื่อ $Q_1 = Q$ จะได้ $Q_2 = 2 - Q$

$$V_1 = V_2$$

$$\frac{KQ_1}{r_1} = \frac{KQ_2}{r_2}$$

$$\frac{KQ}{r} = \frac{K(2-Q)}{3}$$

$$Q = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ μC}$$

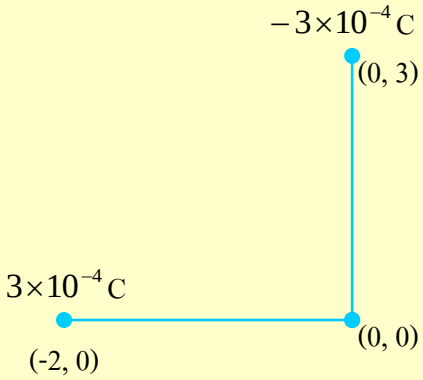
$$\therefore \quad V = \frac{KQ}{r}$$

$$= \frac{9\times10^{9}\times0.8\times10^{-6}}{2\times10^{-2}}$$

$$= 3.6\times10^{5} \text{ V}$$

ตอบ หลังแตะแต่ละลูกมีศักย์ไฟฟ้า เท่ากับ 3.6×10^{5} โวลต์

ตัวอย่าง วางประจุไฟฟ้า 3×10^{-4} คูลอมบ์ ที่ตำแหน่ง x = -2 เมตร, y = 0 เมตร และวางประจุลบขนาดเท่ากันที่ตำแหน่ง x = 0 เมตร, y = 3 เมตร ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งจุดกำเนิด (0, 0) เป็นกี่โวลต์



วิธีทำ

$$V = V_1 + V_2$$

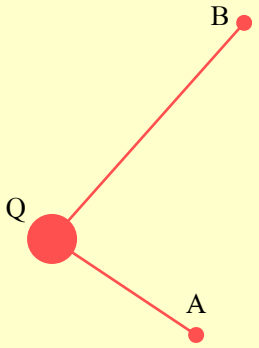
$$V = \frac{KQ_1}{r_1} + \frac{KQ_2}{r_2}$$

$$V = \frac{9\times10^{9}\times3\times10^{-4}}{2} + \frac{9\times10^{9}\times(-3)\times10^{-4}}{3}$$

$$= 4.5\times10^{5}\ \text{V}$$

ตอบ ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง จุดกำเนิด (0, 0) เท่ากับ 4.5×10^{5} โวลต์

ตัวอย่าง จุด A อยู่ห่างจากประจุ $+8\times10^{-9}$ C เป็นระยะ 0.9 m และจุด B อยู่ห่างจากประจุ $+8\times10^{-9}$ C เป็นระยะ 1.6 m จงหางานที่ใช้ในการเลื่อนประจุ +4 μC จาก B ไปยัง A



วิธีทำ จาก $V_A = \frac{KQ}{r}$

$= \frac{9\times10\times(8\times10)}{0.9}$

$= 80$ V

$V_B = \frac{KQ}{r}$

$= \frac{9\times10\times(8\times10)}{1.6}$

$= 45$ V

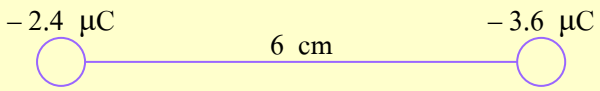
$\therefore W_{A\rightarrow B} = q(V_B - V_A)$

$= 4\times10^{-6}(80-45)$

$= 1.4\times10^{-4}$ J

ตอบ งานที่ใช้ในการเลื่อนประจุ +4 μC จาก B ไปยัง A เท่ากับ 1.4×10^{-4} จูล

ตัวอย่าง จงหางานที่ใช้ในการนาเอาประจุไฟฟ้า $-2.4\ \mu C$ และ $-3.6\ \mu C$ มาวางห่างกันเป็นระยะ 6 เซนติเมตร



วิธีทำ 1. งานในการนำประจุตัวแรกจากระยะอนันต์มาวาง จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น งานในการนำ $-2.4\ \mu C$ จึงเป็นศูนย์

2. งานในการนำ $-3.6\ \mu C$ มาวางให้ห่างกัน 6 เซนติเมตร หาได้จาก

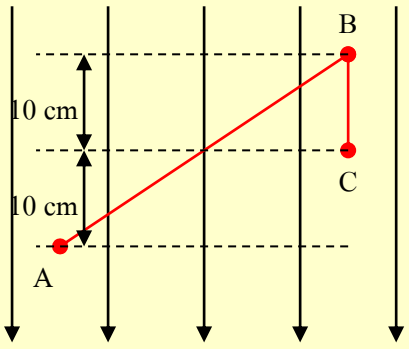
$$W_{\alpha \to B} = q(V_B - V_\alpha)$$

$$= -2.4\times10^{-6}\left(\frac{9\times10^{9}(-3.6\times10^{-6})}{6\times10^{-2}} - 0\right)$$

$$= 1.296\ J$$

ตอบ งานที่ใช้ในการนาเอาประจุไฟฟ้า $-2.4\ \mu C$ และ $-3.6\ \mu C$ มาวางห่างกันเป็นระยะ 6 เซนติเมตรเท่ากับ 1.296 จูล

ตัวอย่าง ถ้า E เป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ มีขนาด 20 โวลต์/เมตร จงหางานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ประจุ 2×10^{-9} คูลอมบ์ จากจุด A ไปตาม $A \to B \to C$ จนถึง C ดังรูป



วิธีทำ จาก $W_{A\rightarrow C} = q(V_C - V_A)$ ..... ←

และ $E = \frac{\Delta V}{q}$

$= \frac{V_C - V_A}{q}$

จะได้ $V_C - V_A = Ed$ .....↑

แทนค่า ↑ ใน ← จะได้

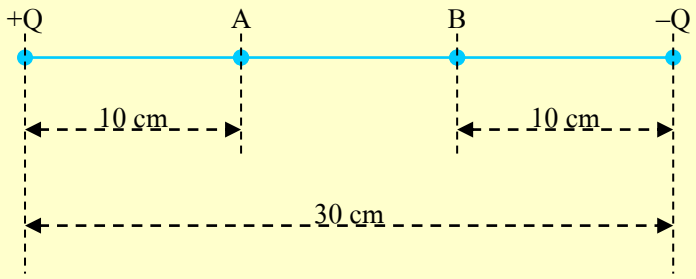
$W_{A\rightarrow C} = qEd$

แทนค่า $W_{A\rightarrow C} = 2\times10^{-9}\times20\times10^{-1}$

$\therefore W_{A\rightarrow C} = 4\times10^{-9}$ J

ตอบ งานที่ใช้ในการย้ายประจุมีค่า 4×10^{-9} จูล

ตัวอย่าง ประจุไฟฟ้าสองประจุ +Q และ –Q มีขนาด 10^{-9} คูลอมบ์ เท่ากันวางห่างกัน 30 เซนติเมตร ดังรูป ถ้าปล่อยประจุ 10^{-6} คูลอมบ์ จากจุด A ประจุนั้นจะผ่านจุด B ด้วยพลังงานจลน์เท่าใด



วิธีทำ หา V_A, V_B จาก $V_A = \frac{KQ}{r} + \frac{K(-Q)}{r}$

$$= \frac{9\times10^{9}\times10^{-9}}{0.1} - \frac{9\times10^{9}\times10^{-9}}{0.2}$$

$$V_A = 45 \text{ V}$$

จาก $V_B = \frac{KQ}{r} + \frac{K(-Q)}{r}$

$$= \frac{9\times10^{9}\times10^{-9}}{0.2} - \frac{9\times10^{9}\times10^{-9}}{0.1}$$

$$V_B = -45 \text{ V}$$

หา $E_{K(B)}$ จากหลักทรงพลังงาน

$$E_{p(A)} + E_{K(A)} = E_{p(B)} + E_{K(B)}$$

เริ่มปล่อย $E_{K(A)} = 0$ (เพราะขณะเริ่มปล่อยความเร็วเริ่มต้นเป็นศูนย์)

$$E_{K(B)} = E_{p(A)} + E_{p(B)}$$

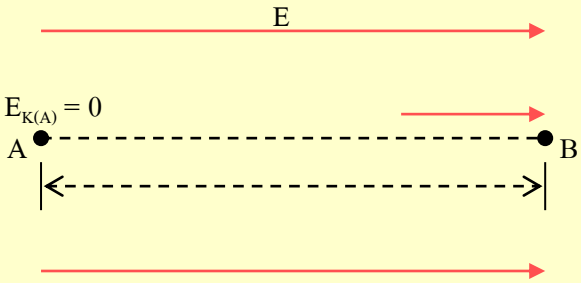
$$E_{K(B)} = qV_A + qV_B = q(V_A - V_B)$$

$$E_{K(B)} = 10^{-6}(45+45)$$

$$E_{K(B)} = 9\times10^{-5} \text{ J}$$

ตอบ ประจุผ่านจุด B ด้วยพลังงานจลน์ 9×10^{-5} จูล

ตัวอย่าง อนุภาคหนึ่งมีประจุ 5×10^{-6} คูลอมบ์ เริ่มเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 100 โวลต์/เมตร เมื่ออนุภาคนี้เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้าได้ไกลเท่าใดจึงจะมีพลังงานเป็น 4×10^{-4} จูล



วิธีทำ จากหลักทรงพลังงาน

$$E_{p(A)} + E_{K(A)} = E_{p(B)} + E_{K(B)}$$

เริ่มปล่อย $E_{K(A)} = 0$ (เพราะขณะเริ่มปล่อยความเร็วเริ่มต้นเป็นศูนย์)

$$E_{p(A)} - E_{p(B)} = E_{K(B)}$$

$$q(V_A - V_B) = E_{K(B)}$$

$$qEd = E_{K(B)}$$

$$d = \frac{K(B)}{qE} \; 9\times10^{-5} \text{ J}$$

$$d = \frac{4\times10^{-4}}{5\times10^{-6}\times100}$$

$$d = 0.8 \text{ m}$$

ตอบ อนุภาคเคลื่อนที่ได้ไกล 0.8 เมตร

บัตรกิจกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษากิจกรรมที่กำหนดให้ และปฏิบัติตามกิจกรรมพร้อมบันทึกผลการทำกิจกรรมในแบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม

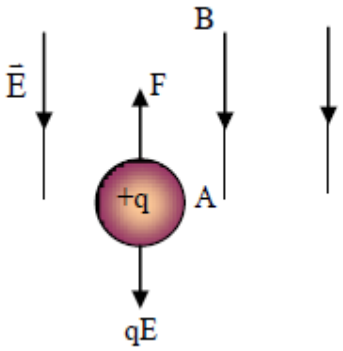
กิจกรรม เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

จุดประสงค์ 1. เพื่อศึกษา เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า
2. อธิบายเกี่ยวกับนิยามและลักษณะของศักย์ไฟฟ้า

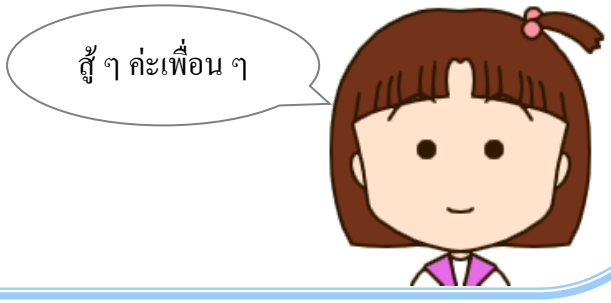
วัสดุอุปกรณ์ 1. แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม

วิธีทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้



2. ให้นักเรียนช่วยกันรวบรวมข้อมูลที่ได้บันทึกลงในบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม



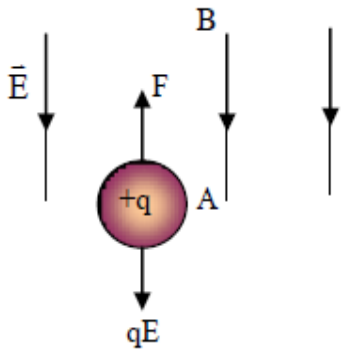
แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม

ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

บันทึกผลการทำกิจกรรม

- ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้



- จากสถานการณ์ ถ้านำประจุ +q มาวางไว้ในสนามไฟฟ้า ณ จุด A แล้วทำการออกแรง F เลื่อนประจุ +q จาก A ไป B จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อประจุไฟฟ้า +q อยู่ในสนามไฟฟ้า จะถูกสนามไฟฟ้าออกแรงกระทำทำให้ประจุ +q มีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น จึงเป็นที่มาในการกำหนดระดับของพลังงานศักย์ไฟฟ้าที่เรียกว่าอะไร และเป็นปริมาณแบบใด

   ตอบ .....

   .....

   .....

2. นักเรียนทราบหรือไม่ว่า ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และจุด B ที่ตำแหน่งใดมีค่ามากกว่ากัน เพราะเหตุใด

   ตอบ .....

   .....

   .....

3. ในทางกลับกัน ถ้านำประจุไฟฟ้า -q มาวางไว้ในสนามไฟฟ้า ประจุ –q จะเคลื่อนที่ในแนว AB จากจุดใดไปยังจุดใด เพราะเหตุใด

ตอบ ......

.....

.....

.....

.....

4. ถ้านักเรียนต้องการหาความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด B เทียบกับจุด A ในกรณีการออกแรง F เลื่อนประจุ +q นักเรียนจะต้องหาปริมาณใดให้ได้ก่อน เพราะเหตุใด

ตอบ ......

.....

.....

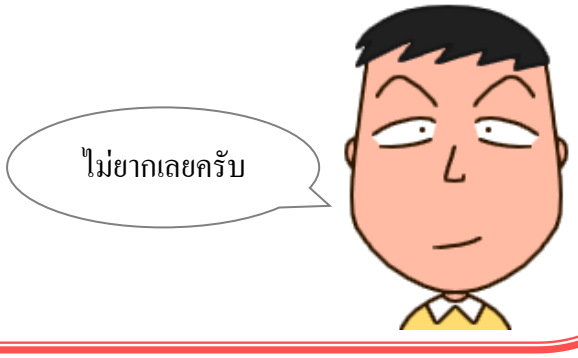
.....

.....

5. จากข้อ 4 สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่าอย่างไร

ตอบ ......

.....



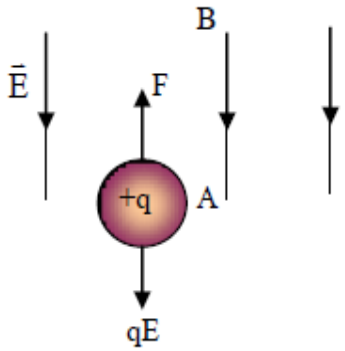
บัตรเฉลยกิจกรรม

ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

บันทึกผลการทำกิจกรรม

- ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้



- จากสถานการณ์ ถ้านำประจุ +q มาวางไว้ในสนามไฟฟ้า ณ จุด A แล้วทำการออกแรง F เลื่อนประจุ +q จาก A ไป B จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อประจุไฟฟ้า +q อยู่ในสนามไฟฟ้า จะถูกสนามไฟฟ้าออกแรงกระทำทำให้ประจุ +q มีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น จึงเป็นที่มาในการกำหนดระดับของพลังงานศักย์ไฟฟ้าที่เรียกว่าอะไร และเป็นปริมาณแบบใด

   ตอบ *ศักย์ไฟฟ้าซึ่งเป็นปริมาณสเกล่าร์*

2. นักเรียนทราบหรือไม่ว่า ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และจุด B ที่ตำแหน่งใดมีค่ามากกว่ากัน เพราะเหตุใด

   ตอบ *ศักย์ไฟฟ้าที่จุด B มีค่ามากกว่าที่จุด A เนื่องจากในการเคลื่อนที่ประจุ +q จาก A ไป B ด้วยอัตราเร็วคงตัวจะต้องออกแรง $F = qE$ แสดงว่าพลังงานศักย์ไฟฟ้าของประจุ +q ที่ B มากกว่าที่ A หรือศักย์ไฟฟ้าที่ B สูงกว่าที่ A เมื่อปล่อยให้ประจุ +q เคลื่อนที่โดยอิสระ แรงเนื่องจากสนามไฟฟ้าจะทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในทิศทางของสนามไฟฟ้า คือ จาก B มา A*

3. ในทางกลับกัน ถ้านำประจุไฟฟ้า -q มาวางไว้ในสนามไฟฟ้า ประจุ –q จะเคลื่อนที่ในแนว AB จากจุดใดไปยังจุดใด เพราะเหตุใด

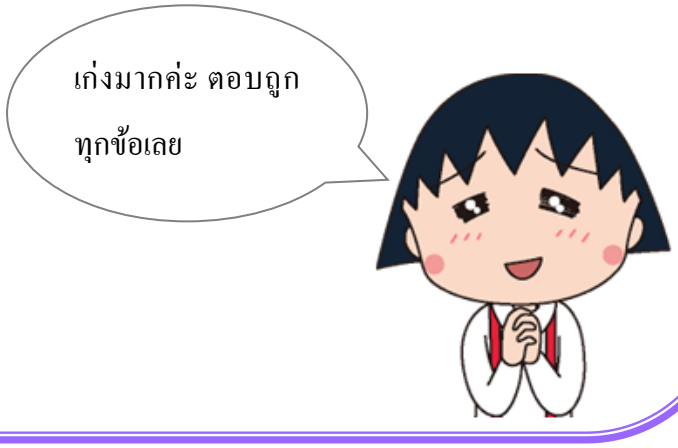
ตอบ *ประจุ -q จะเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B เนื่องจากจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ (จุด A) ไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า (จุด B) หรือเคลื่อนที่ในทิศทางตางกันข้ามประจุ +q*

4. ถ้านักเรียนต้องการหาความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด B เทียบกับจุด A ในกรณีการออกแรง F เลื่อนประจุ +q นักเรียนจะต้องหาปริมาณใดให้ได้ก่อน เพราะเหตุใด

ตอบ *ปริมาณศักย์ไฟฟ้าที่ A เพราะความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด B เทียบกับจุด A ก็คือ ผลต่างของศักย์ไฟฟ้า $V_B - V_A$ ระหว่างสองจุดนั่นเอง และถ้าให้งานในการเคลื่อนประจุ +q จากจุด A ไปยังจุด B ด้วยอัตราเร็วคงตัวเป็น $W_{A\rightarrow B}$ งานในการเคลื่อนประจุ +1 หน่วย จาก A ไป B จะมีค่าเท่ากับ $W_{A\rightarrow B}$ แสดงว่าศักย์ไฟฟ้าที่ B มากกว่าที่ A เท่ากับ $W_{A\rightarrow B}$*

5. จากข้อ 4 สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่าอย่างไร

ตอบ $V_B - V_A = W_{A\rightarrow B}$



บัตรงาน

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. พลังงานศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ หมายความว่าอย่างไร

   ตอบ .....

   .....

   .....

2. ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ หมายความว่าอย่างไร

   ตอบ .....

   .....

   .....

3. ความต่างศักย์ไฟฟ้าหมายความว่าอย่างไร

   ตอบ .....

   .....

   .....

4. การหาความต่างศักย์ไฟฟ้าของประจุหลาย ๆ ตัว ณ จุดใดจุดหนึ่ง ทำได้อย่างไร

   ตอบ .....

   .....

   .....

5. ตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน เรียกว่า

   ตอบ .....

   .....

   .....

6. ถ้านักเรียนต้องการหาศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ โดยตรง (เช่น ณ จุด B) จะต้องทำอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

7. จากข้อ 6 สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่าอย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

8. การหาพลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่าอย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

9. ถ้าเปลี่ยนจากจุดประจุเป็นตัวนำทรงกลมรัศมี a ที่มีประจุไฟฟ้า Q ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมจะมีค่าเป็นอย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

.....

.....

10. เพราะเหตุใด ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมจึงมีค่าคงที่

ตอบ .....

.....

.....

.....

.....

บัตรเฉลยบัตรงาน

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. พลังงานศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ หมายความว่าอย่างไร

   ตอบ *งานในการเลื่อนประจุใด ๆ จากระยะอนันต์มายังจุดนั้น ๆ ในสนามไฟฟ้า*

2. ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ หมายความว่าอย่างไร

   ตอบ *งานในการเลื่อนประจุ +1 หน่วย จากระยะอนันต์มายังจุดนั้น ๆ ใน สนามไฟฟ้า*

3. ความต่างศักย์ไฟฟ้าหมายความว่าอย่างไร

   ตอบ *งานในการเลื่อนประจุ +1 หน่วย จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ใน สนามไฟฟ้า*

4. การหาความต่างศักย์ไฟฟ้าของประจุหลาย ๆ ตัว ณ จุดใดจุดหนึ่ง ทำได้อย่างไร

   ตอบ *ในกรณีที่ตำแหน่งที่พิจารณานั้นมีสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุหลาย ๆ จุดประจุ ศักย์ไฟฟ้ารวมที่ตำแหน่งนั้นก็จะเป็นผลรวมทางพีชคณิตของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดที่ตำแหน่งนั้น*

   ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งหนึ่งเนื่องจาก n จุดประจุ จึงเขียนสมการได้ว่า

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i$$

   เมื่อ V คือ ศักย์ไฟฟ้ารวมที่ตำแหน่งหนึ่ง

   V_i คือ ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้นเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุด

5. ตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน เรียกว่า

   ตอบ ***เส้นสมศักย์*** *โดยแนวเส้นสมศักย์จะตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าเสมอ ในกรณีของจุดประจุโดดเดี่ยวจะอยู่ตามแนวเส้นรอบวงที่มีระยะรัศมีเท่ากัน*

6. ถ้านักเรียนต้องการหาศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ โดยตรง (เช่น ณ จุด B) จะต้องทำอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ *เมื่อนำประจุจำนวน q ไปไว้ที่ตำแหน่งหนึ่ง แล้วมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเป็น Ep พลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อ 1 หน่วยประจุ ที่ตำแหน่งนั้นจะมีค่าเป็น* $\frac{E_P}{q}$

7. จากข้อ 6 สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่าอย่างไร

ตอบ *จะเขียนได้ว่า*

$$V = \frac{E_P}{q}$$

จากสมการ $V = \frac{E_P}{q}$ *จะเห็นได้ว่า* ***ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์*** *เพราะเป็นขนาดของพลังงานต่อหนึ่งหน่วยประจุ และเมื่อพลังงานศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นจูล (J) ประจุมีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) ศักย์ไฟฟ้าก็จะมีหน่วยเป็นจูลต่อคูลอมบ์ ซึ่งเรียกว่า โวลต์ (V)*

8. การหาพลังงานศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่าอย่างไร

ตอบ

$$V = \frac{KQ}{r}$$

9. ถ้าเปลี่ยนจากจุดประจุเป็นตัวนำทรงกลมรัศมี a ที่มีประจุไฟฟ้า Q ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมจะมีค่าเป็นอย่างไร

ตอบ *มีค่าเป็นศูนย์*

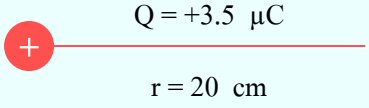
10. เพราะเหตุใด ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมจึงมีค่าคงที่

ตอบ *เมื่อตัวนำทรงกลมมีประจุไฟฟ้า เส้นแรงไฟฟ้าไม่สามารถเข้าไปในตัวนำได้ การทำงานของประจุไฟฟ้าจึงมีค่าเป็นศูนย์ (งานจะเกิดได้ประจุจะต้องเคลื่อนที่จากศักย์ไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกศักย์ไฟฟ้าหนึ่งในสนามไฟฟ้า ซึ่งจะต้องมีความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังนั้น ความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำ จึงมีค่าเป็นศูนย์) มีผลให้ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำมีค่าคงที่*

บัตรฝึกทักษะ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำแบบฝึกทักษะ และตรวจความถูกต้องจากเฉลยบัตรฝึกทักษะ แล้วนำคะแนนส่งครูผู้สอนเพื่อบันทึกคะแนน *(ข้อละ 2 คะแนน)*

1. ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุ +3.5 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 20 เซนติเมตร มีค่าเท่าใด



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ **จากสมการ** $V = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$

แทนค่า $V = \frac{(9.0\times10^{9})\times(\cdots\cdots)}{(\cdots\cdots)}$

$V = \frac{(\cdots\cdots)\times(\cdots\cdots)}{(\cdots\cdots)(\cdots\cdots)}$

$V = \frac{(\cdots\cdots)\times(\cdots\cdots)}{\cdots\cdots\times(\cdots\cdots)}$

$V = \cdots\cdots\times\frac{(\cdots\cdots)}{(\cdots\cdots)}$

$V = ...$

V = ...

V = ...

ตอบ ศักย์ไฟฟ้ามีขนาด ..... โวลต์

2. แผ่นโลหะ 2 แผ่น วางขนานห่างกันอยู่ห่างกัน 3 มิลลิเมตร ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง 90 โวลต์ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่นี้มีค่าเท่าใดในหน่วยนิวตัน/คูลอมบ์

วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ **จากสมการ** $E = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots}$

เมื่อ ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะ = ...

d คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน = ...

E คือ .....

ดังนั้น $E = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots\cdots\cdots}$

= .....

ตอบ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานคู่นี้เท่ากับ ..... โวลต์/เมตร

3. ที่ตำแหน่ง D, E และ F มีประจุ 4.0×10^{-6}, -3.0×10^{-6} และ 1.0×10^{-6} คูลอมบ์ ตามลำดับ เมื่อ DR เท่ากับ 0.6 เมตร ER เท่ากับ 0.3 เมตร และ FR เท่ากับ 0.2 เมตร จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ R

วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

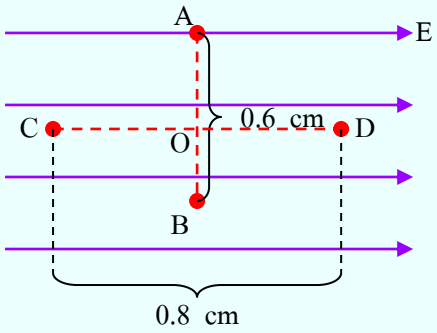
.....

ตอบ .....

4. กำหนดจุด A, B, C และ D อยู่ในสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอมีความเข้ม $E = 2.0 \times 10^5$ V/m จุด A และ B ห่างกัน 0.6 ซม. จุด C และ D ห่างกัน 0.8 ซม. เส้นตรง AB และ CD แบ่งครึ่งและตั้งฉากกันที่จุด O จงคำนวณ

   ก. ความต่างศักย์ระหว่างจุด C กับจุด D

   ข. งานในการเคลื่อน electron ตัวหนึ่งจากจุด C ไปยังจุด A



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

ตอบ .....

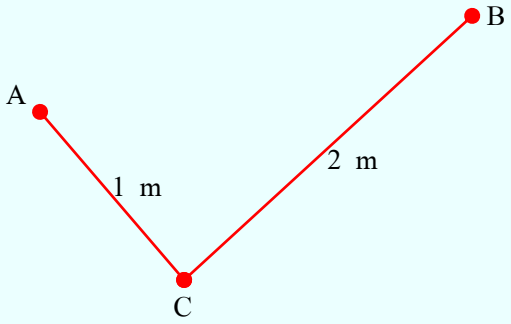
.....

.....

.....

ตอบ .....

5. จงหาศักย์ไฟฟ้ารวมที่จุด C ถ้า A มีประจุ +2 ไมโครคูลอมบ์ และ B มีประจุ -6 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด .....

โจทย์ต้องการทราบ .....

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

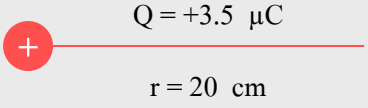
.....

ตอบ .....

บัตรเฉลยบัตรฝึกทักษะ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำแบบฝึกทักษะ และตรวจความถูกต้องจากเฉลยบัตรฝึกทักษะ แล้วนำคะแนนส่งครูผู้สอนเพื่อบันทึกคะแนน *(ข้อละ 2 คะแนน)*

1. ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุ +3.5 ไมโครคูลอมบ์ เป็นระยะ 20 เซนติเมตร มีค่าเท่าใด



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด $Q = +3.5\ \mu C, r = 20\ cm$

โจทย์ต้องการทราบ V

วิธีทำ **จากสมการ** $V = \frac{KQ}{r}$

แทนค่า $V = \frac{(9.0\times10^{9})\times(3.5\times10^{-6})}{(20\times10^{-2})}$

$V = \frac{(9.0\times3.5)\times(10^{9}\times10^{-6})}{(20)(10^{-2})}$

$V = \frac{31.5\times(10^{9-6})}{(20)(10^{-2})}$

$V = 1.575\times\frac{(10^{3})}{(10^{-2})}$

$V = 1.575\times10^{3-(-2)}$

$$V = 1.58 \times 10^{3+2}$$

$$V = 1.58 \times 10^{5} \ V$$

ตอบ *ศักย์ไฟฟ้ามีขนาด* 1.58×10^{5} *โวลต์*

2. แผ่นโลหะ 2 แผ่น วางขนานห่างกันอยู่ห่างกัน 3 มิลลิเมตร ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง 90 โวลต์ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่นี้มีค่าเท่าใดในหน่วยนิวตัน/คูลอมบ์

วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด $\triangle V = 90, d = 3\ mm$

โจทย์ต้องการทราบ E

วิธีทำ **จากสมการ** $E = \dfrac{\Delta V}{d}$

เมื่อ ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะ = *90 โวลต์*

d คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน = *3 มิลลิเมตร*

E คือ *สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นขนาน*

ดังนั้น $E = \dfrac{90}{3 \times 10^{-3}}$

$= 3.0 \times 10^{4}$

ตอบ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานคู่นี้เท่ากับ 3.0×10^{4} โวลต์/เมตร

3. ที่ตำแหน่ง D, E และ F มีประจุ 4.0×10^{-6}, -3.0×10^{-6} และ 1.0×10^{-6} คูลอมบ์ ตามลำดับ เมื่อ DR เท่ากับ 0.6 เมตร ER เท่ากับ 0.3 เมตร และ FR เท่ากับ 0.2 เมตร จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ R

วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด *DR = 0.6 m, ER = 0.3 m และ FR = 0.2 m*

โจทย์ต้องการทราบ *ศักย์ไฟฟ้าที่ R ซึ่งเป็นผลรวมของพีชคณิตของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุที่ D, E และ F*

วิธีทำ ***จากสมการ*** $V = \frac{KQ}{r}$

ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุที่ D $= \frac{9.0\times10^{9}\times4.0\times10^{-6})}{(0.6)}$

$= 6.0\times10^{4}$ V

ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุที่ E $= \frac{9.0\times10^{9}\times3.0\times10^{-6})}{(0.3)}$

$= 9.0\times10^{4}$ V

ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุที่ F $= \frac{9.0\times10^{9}\times1.0\times10^{-6})}{(0.2)}$

$= 4.5\times10^{4}$ V

ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ R มีค่าเป็น $V_R = 6.0\times10^{4}+9.0\times10^{4}+4.5\times10^{4}$

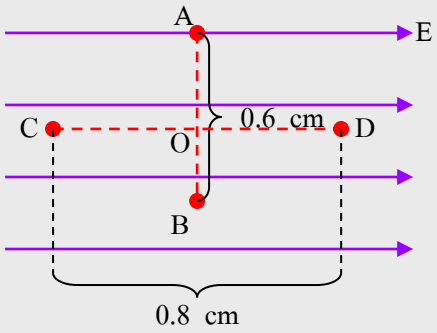
$= 19.5\times10^{4}$ V

ตอบ *ศักย์ไฟฟ้าที่ R เท่ากับ* 19.5×10^{4} *โวลต์*

4. กำหนดจุด A, B, C และ D อยู่ในสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอมีความเข้ม $E = 2.0\times10^{5}$ V/m จุด A และ B ห่างกัน 0.6 ซม. จุด C และ D ห่างกัน 0.8 ซม. เส้นตรง AB และ CD แบ่งครึ่งและตั้งฉากกันที่จุด O จงคำนวณ

   ก. ความต่างศักย์ระหว่างจุด C กับจุด D

   ข. งานในการเคลื่อน electron ตัวหนึ่งจากจุด C ไปยังจุด A



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด $E = 2.0\times10^{5}$

โจทย์ต้องการทราบ *ข้อ ก และ ข*

วิธีทำ ***ก. จากสมการ*** $\Delta V = Ed$

$$= (2\times10^{5})\frac{0.8}{100} = 1600 \text{ V}$$

ตอบ *ความต่างศักย์ระหว่างจุด C กับจุด D เท่ากับ 1600 โวลต์*

ข. จากสมการ $W_{C\rightarrow A} = W_{C\rightarrow O}$

$$= qV$$

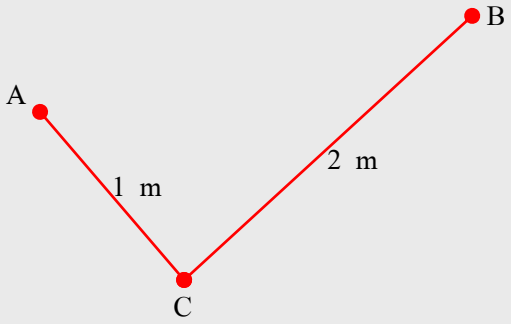
$$= qE \text{ (ระยะห่าง CO)}$$

$$= 1.6\times10^{-19}\left(2\times10^{5}\right)\left(\frac{0.6\times10^{-2}}{2}\right)$$

$$= 9.6\times10^{-17} \text{ J}$$

ตอบ *งานในการเคลื่อน electron ตัวหนึ่งจากจุด C ไปยังจุด A* $= 9.6\times10^{-17}$ *จูล*

5. จงหาศักย์ไฟฟ้ารวมที่จุด C ถ้า A มีประจุ +2 ไมโครคูลอมบ์ และ B มีประจุ -6 ไมโครคูลอมบ์ ตามลำดับ



วิเคราะห์โจทย์

โจทย์กำหนด $A = +2\ \mu C, B = -6\ \mu C, R_A = 1\ m, R_B = 2\ m$

โจทย์ต้องการทราบ *ศักย์ไฟฟ้ารวม*

วิธีทำ *จากสมการ* $\sum V = V_A + V_B$

$$V = \frac{KQ_A}{r_A} + \frac{KQ_B}{r_B}$$

$$V = \frac{9\times10^{9}\times2\times10^{-6}}{1} + \frac{9\times10^{9}\times(-6)\times10^{-6}}{2}$$

$$= 18\times10^{3} + (-27\times10^{3})\ V$$

$$= -9\times10^{3}\ V$$

ตอบ *ศักย์ไฟฟ้ารวมมีค่า* -9×10^{3} *โวลต์*

บัตรสรุปความรู้

คำชี้แจง นักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์ (Mind Mapping) สรุปความรู้ เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

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

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

1. ทรงกลมรัศมี 0.6 เมตร จะต้องมีประจุเท่าใดจึงจะทำให้ทรงกลมมีศักย์ไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 6×10^{6} โวลต์

   ก. 0.0001 C

   ข. 0.0002 C

   ค. 0.0003 C

   ง. 0.0004 C

2. อนุภาคมวล 1×10^{-6} กิโลกรัม มีประจุ 4×10^{-9} คูลอมบ์ วางอยู่ในสนามไฟฟ้า 1,000 นิวตัน/คูลอมบ์ จงหาความเร่งของอนุภาคนี้

   ก. 2 m/s^2

   ข. 4 m/s^2

   ค. 6 m/s^2

   ง. 8 m/s^2

3. วางประจุไฟฟ้า 3×10^{-4} C ที่ตำแหน่ง $X = -2\ m, Y = 0\ m$ และประจุลบขนาดเท่ากันที่ตำแหน่ง $X = 0\ m, Y = 3\ m$ ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งจุดกำเนิด (0, 0) จะเป็นกี่โวลต์

   ก. 4.5×10^{5} V

   ข. 6.5×10^{5} V

   ค. 8.5×10^{5} V

   ง. 9.5×10^{5} V

4. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

    1. บริเวณที่สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่าสนามไฟฟ้านั้น
    2. บริเวณที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย
    3. บริเวณที่ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ บริเวณนั้นจะมีค่าสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ด้วย

    <u>ข้อที่ผิดคือ</u>

    ก. ข้อ 1 และ 2

    ข. ข้อ 1 และ 3

    ค. ข้อ 2 และ 3

    ง. ข้อ 1, 2 และ 3

5. อนุภาคมีประจุ 2×10^{-5} C เริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 2 V/m เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 50 cm ในทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า อนุภาคนี้จะมีพลังงานจลน์เท่าไร

    ก. 1.6×10^{-5} จูล

    ข. 2×10^{-3} จูล

    ค. 4×10^{-4} จูล

    ง. 8×10^{-4} จูล

6. แผ่นตัวนำขนานห่างกัน 10 cm มีความต่างศักย์ 24 V ทำให้เกิดสนามสม่ำเสมอตามแนวดิ่งเมื่อนำลูกพิทมวล 0.6 g ที่มีประจุ 5×10^{-6} C มาแขวนไว้ด้วยด้ายเบาเส้นเล็ก ๆ ยาว 3 cm ปลายหนึ่งผูกติดอยู่กับแผ่นโลหะแผ่นบน ปรากฏว่าเส้นด้ายขาดลูกพิทจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งกี่ m/s^2

    ก. 6 m/s^2

    ข. 7 m/s^2

    ค. 8 m/s^2

    ง. 9 m/s^2

7. เมื่อเอาลวดตัวต้านทาน 6 โอห์ม และ 3 โอห์ม มาต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้าขนาด 15 โวลต์, 1 โอห์ม จะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างเซลล์เท่าไร เมื่อลวดตัวต้านทานทั้งสองต่อกันแบบขนาน
   ก. 10 โวลต์
   ข. 11.5 โวลต์
   ค. 13.5 โวลต์
   ง. 14 โวลต์

8. ที่จุดซึ่งห่างจากจุดประจุคงที่เป็นระยะหนึ่งมีศักย์ไฟฟ้า 600 โวลต์ และมีความเข้มสนามไฟฟ้า 100 N/C จงหาปริมาณของประจุไฟฟ้านั้น
   ก. 1×10^{-7} คูลอมบ์
   ข. 2×10^{-7} คูลอมบ์
   ค. 3×10^{-7} คูลอมบ์
   ง. 4×10^{-7} คูลอมบ์

9. ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล 4×10^{-12} กิโลกรัม ที่มีประจุ 8×10^{-9} คูลอมบ์ จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร/วินาที จะต้องใช้ต่างศักย์เท่าใด
   ก. 0.025 โวลต์
   ข. 2.5 โวลต์
   ค. 4.0 โวลต์
   ง. 40 โวลต์

10. สี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปหนึ่งมีประจุ +50, -100, +30 คูลอมบ์ วางอยู่ที่มุมสามมุม มุมละประจุ ถ้านำประจุ Q คูลอมบ์ ไปวางไว้ที่มุมที่สี่ มีผลทำให้จุดที่เส้นทะแยงมุมตัดกันมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ จงหาค่า Q ว่าเป็นกี่คูลอมบ์
   ก. -20 คูลอมบ์
   ข. -30 คูลอมบ์
   ค. +20 คูลอมบ์
   ง. +30 คูลอมบ์

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

เฉลย

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

ตอบถูกทุกข้อเลย....เก่งจริง ๆ เป็นเด็กดีและตั้งใจเรียนอย่างนี้ดีมากค่ะ

กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต

ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า 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 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
ก่อนเรียน			
หลังเรียน			

สรุปคะแนน

	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
บัตรกิจกรรม			
บัตรงาน			
บัตรฝึกทักษะ			

สรุปคะแนน

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน

ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

คำชี้แจง : ให้สังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนที่ปฏิบัติตามชุดการเรียนการสอนฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไฟฟ้าสถิต **ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า** ตามรายการประเมินต่อไปนี้

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม				รวม (10 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 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

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 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า
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