บทที่ 2 สนามของแรง

2.1 สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field , $\vec{B}$)

2.1.1 แม่เหล็ก (Magnet)

คือ สารที่สามารถดูดและผลักกันเองได้ และสามารถดูดสารแม่เหล็กได้

แรงที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กจะเป็นแรงกิริยา ปฏิกิริยา คือ มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงข้ามกัน

แรงระหว่างขั้วเหนือกับขั้วเหนือ จะเกิด แรงผลัก

แรงระหว่างขั้วใต้กับขั้ใต้ จะเกิด แรงผลัก

แรงระหว่างขั้วใต้กับขั้วเหนือ จะเกิด แรงดูด

เมื่อนำแท่งแม่เหล็กแขวนให้วางตัวอยู่ในแนวระดับและสามารถหมุนได้อย่างอิสระแล้ว ขั้หนือของแท่งแม่เหล็กจะชี้ไปทางขั้วโลกเหนือ แสดงว่าที่ขั้วโลกเหนือจะมีสนามแม่เหล็กขั้วใต้ และที่ขั้วโลกใต้จะมสนามแม่เหล็กขั้วเหนือ

การแบ่งชนิดของแม่เหล็ก

1. แบ่งโดยเอาการกำเนิดเป็นหลัก มีอยู่ 2 ประเภท คือ

1.1 แม่เหล็กธรรมชาติ (Natural Magnet) เป็นแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทางธรณีวิทยาเรียกแร่นี้ว่า Magnetite มีสูตรทางเคมี คือ Fe_3O_4 ไม่ค่อยมีอำนาจเพราะมีอำนาจน้อย

1.2 แม่เหล็กประดิษฐ์ เป็นแม่เหล็กที่ทำขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ

2. แบ่งโดยเอาอำนาจที่มีในแม่เหล็กเป็นหลัก มีอยู่2 ประเภท คือ

2.1 แม่เหล็กชั่วคราว (Temperary Magnet) มีอำนาจเมื่อมีการบังคับ การบังคับใช้วิธีเหนี่ยวนำ ใช้กระแสไฟฟ้า เหล็กที่ใช้ทำเป็**นหล็กอ่อน**

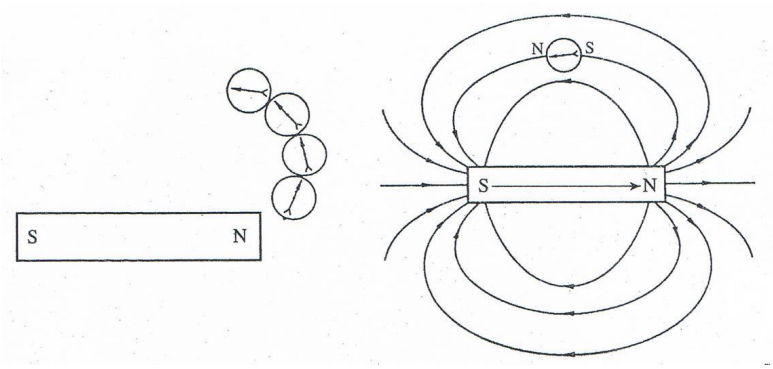
2.2 แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) มีอำนาจอยู่นาน บังคับด้วยวิธีการเดียวกันแต่เหล็กที่ใช้เป็น**เหล็กกล้า**

สารแม่เหล็ก

คือ สารที่เกิดแรงดูดกับแท่งแม่เหล็กได้ เช่น เข็มทิศ เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์

เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force)

คือ เส้นที่แสดงทิศทางของแรงลัพธ์ที่แท่งแม่เหล็กทำต่อเข็มทิศหรือผงตะไบเหล็ก หรือเส้นที่แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กลัพธ์ที่จุดนั้นโดย

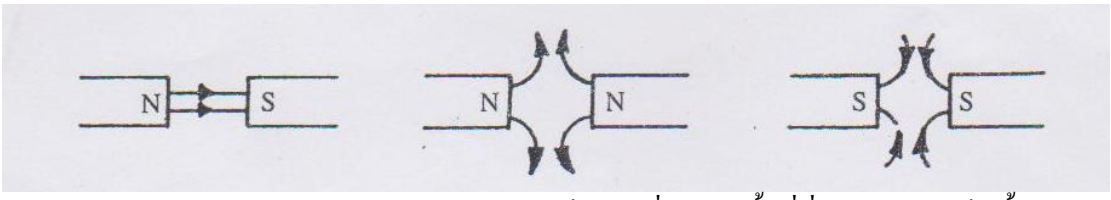


1. เส้นแรงแม่เหล็กรอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง2 มิติ และพุ่งจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ แต่ภายในแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งจากขั้วใต้ไปขั้วเหนือ
2. เส้นแรงแม่เหล็กโลกบนพื้นที่เล็กๆ จะมีลักษณะเป็นเส้นขนานกันพุ่งไปทางทิศเหนือภูมิศาสตร์
3. เส้นแรงแม่เหล็กไม่ตัดกัน
4. บริเวณใดที่ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่านบริเวณนั้นจะไม่มีสนามแม่เหล็ก และเรียกจุดนั้นว่า **จุดสะเทิน (Neutural Point)**

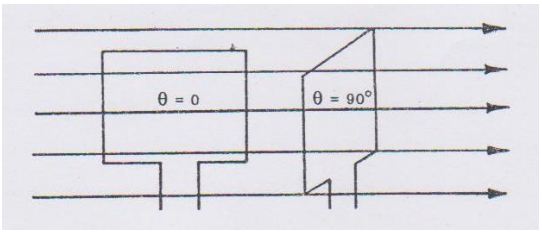
สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field , $\vec{B}$)

คือ บริเวณที่แท่งแม่เหล็กส่งแรงไปถึงสารแม่เหล็ก และประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ (ไม่มีผลต่อประจุไฟฟ้าที่อยู่นิ่ง) ตรวจสอบได้ด้วยผงตะไบเหล็ก หรือเข็มทิศ

1. ทิศ สนามแม่เหล็ก พุ่งออกจากขั้วเหนือเข้าหาขั้วใต้



2. ขนาดสนามแม่เหล็ก (B) คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉาก



ให้ B เป็นความเข้มของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา(T) หรือ Wb/m^2

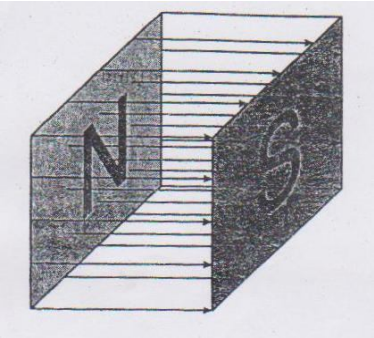
ϕ_B เป็นฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวบเบอร์(Wb)

A เป็นพื้นที่ที่ตั้งฉาก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร(m^2)

จากนิยามจะได้ว่า $\mathbf{B}\sin\theta = \frac{\phi_B}{A}$

Flux แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ใกล้แท่งแม่เหล็กจะมีFlux แม่เหล็กมาก ห่างแท่งแม่เหล็กจะมี Flux แม่เหล็กน้อย

3. สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ



มีเส้นสนามแม่เหล็ก เป็นเส้นตรงขนานกัน มีทิศทางเดียวกัน และมีค่าเท่ากันทุกๆตำแหน่ง สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอนำไปใช้ประโยชน์หลายอย่างเช่น การสร้างไฟฟ้า และเครื่องวัดทางไฟฟ้าต่างๆ

แบบฝึกหัด 2.1

1. สนามแม่เหล็กคือ

ก. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ผ่านในบริเวณนั้น ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเบนไปจากเดิม

ข. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉากนั้น

ค. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศที่วางอยู่ในบริเวณนั้น ง. ถูกทั้งข้อ1 ข้อ 2 และ ข้อ 3

2. สนามแม่เหล็ก คือ

1. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศที่วางอยู่ในบริเวณนั้น

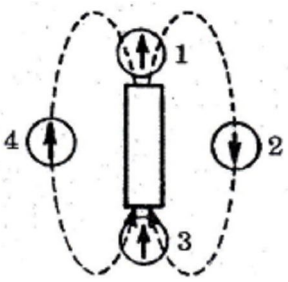
2. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ผ่านในบริเวณนั้น ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเบนไปจากเดิม

3. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉากนั้น

4. ข้อ1.ข้อ 2. และข้อ 3.

3. เมื่อนำเข็มทิศเล็กๆ มาวางที่ตำแหน่งหมายเลข1,2,3 และ 4 ซึ่งอยู่ใกล้แท่งแม่เหล็ก ดังรูป ปลายเหนือของเข็มทิศควรชี้ตามรูปใด

1. 1, 2 และ 3
2. 1 และ 3
3. 2 และ 4
4. 4 เท่านั้น



4. ปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กต่อหน่วยพื้นที่ซึ่งเส้นแรงผ่านในแนวตั้งฉาก เรียกว่า ปริมาณใด

1. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก
2. ขนาดของเส้นแรงแม่เหล็ก
3. จำนวนฟลักซ์แม่เหล็ก
4. ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

4. สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กมีคุณสมบัติ

1. เป็นปริมาณเวกเตอร์ 2. มีความเข้มสม่ำเสมอทุก ๆ จุด

3. มีทิศจากขั้วใต้ไปยังขั้วเหนือผ่านภายในแท่ง 4. มีแรงกระทำต่อสารแม่เหล็กที่วางในบริเวณนั้น

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ก. ข้อ 1 , 2 และ 3 ข. ข้อ 1 , 2 และ 4

ค. ข้อ 1 , 3 และ 4 ง. ข้อ 2 , 3 และ 4

5. ถ้าความเข้มของสนามแม่เหล็กเป็น 4 เทสลา ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กจำนวน0.002 เวบเบอร์ จงหาพื้นที่ที่ตกตั้งฉากว่ามีค่าเท่าใด

ก. $5\times10^{-3}\ m^2$ ข. $5\times10^{-4}\ m^2$ ค. $8\times10^{-3}\ m^2$ ง. $8\times10^{-4}\ m^2$

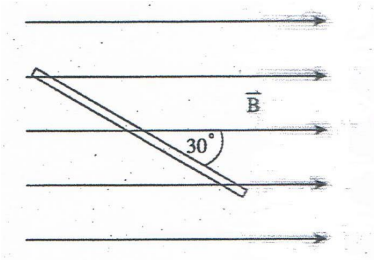
6. ขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ามีพื้นที่หน้าตัด $0.2\ m^2$ วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก 4 เทสลา โดยมีแนวระนาบของขดลวดทำมุม 30 องศา กับสนามแม่เหล็กดังรูป จงคำนวณหาค่าฟลักซ์แม่เหล็ก ที่ผ่านขดลวดเท่ากับเท่าใด

ก. 0.4 Weber

ข. 0.6 Weber

ค. 0.8 Weber

ง. 1.0 Weber

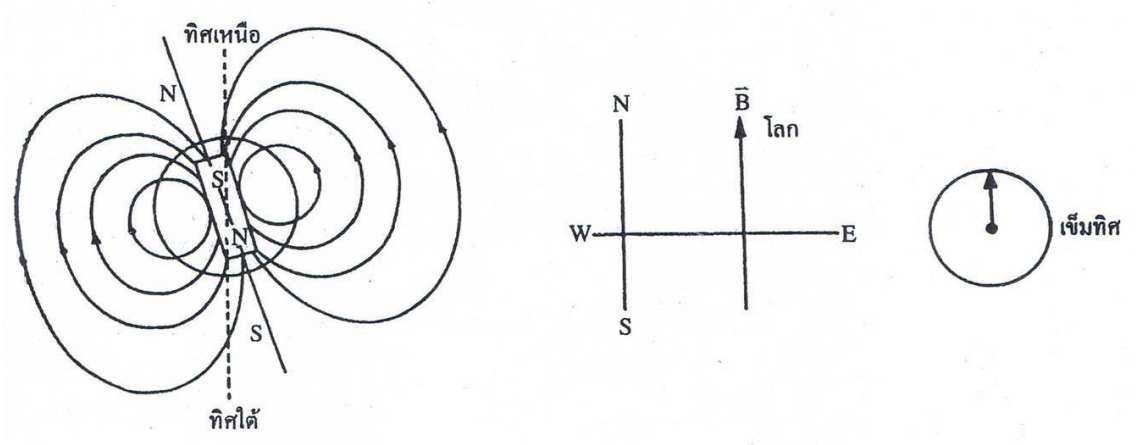


7. ขดลวดตัวนำมีพื้นที่ $10\ cm^2$ วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ10 T จงหาค่าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด เมื่อระนาบของขดลวดทำมุมตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

ก. 1×10^{-2} Wb ข. 1×10^{-3} Wb ค. 1×10^{-4} Wb ง. 1×10^{-5} Wb

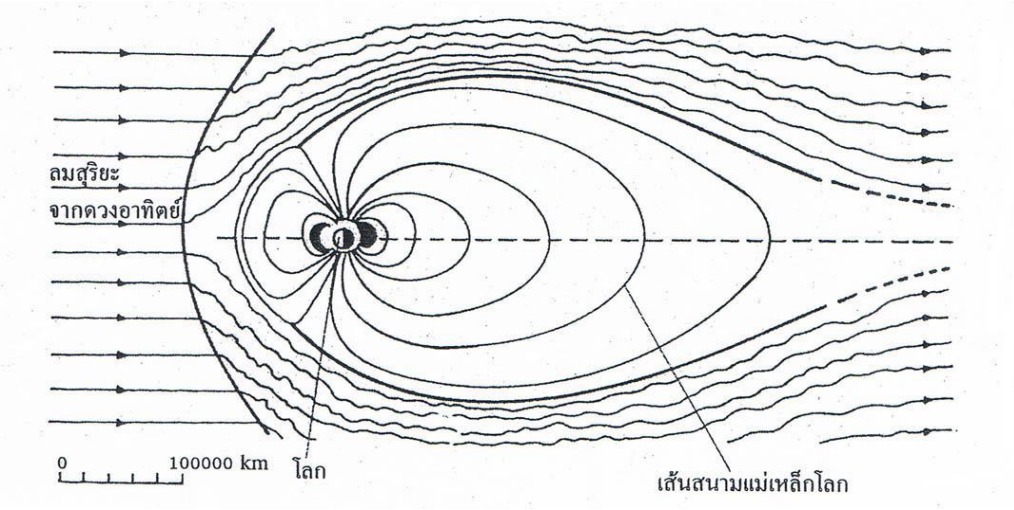
2.1.1 สนามแม่เหล็กโลก

สนามแม่เหล็กโลก ทิศขนานกับผิวโลกไปทางขั้วโลกเหนือ



ประโยชน์ของสนามแม่เหล็ก

คือจะเป็นโล่ป้องกันอันตรายจาก ลมสุริยะ(solar wind) ซึ่งเป็นกระแสอนุภาคที่มีประจุส่วนใหญ่เป็นโปรตอนและอิเล็กตรอนที่ถูกขับออกมาจากดวงอาทิตย์ โดยสนามแม่เหล็กโลกจะป้องกันไม่ให้อนุภาคเหล่านั้นทำลายชั้นบรรยากาศ

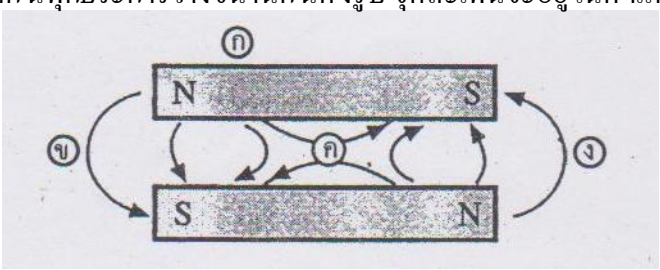


จุดสะเทิน (Neutural Point)

จุดสะเทิน เป็นจุดในบริเวณสนามแม่เหล็ก โดยที่ความเข้มเนื่องจากสนามแม่เหล็กต่างๆ เกิดการหักล้างกันจนเป็นศูนย์ และเป็นตำแหน่งที่ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่าน ถ้านำเข็มทิศไปวางไว้ตรงจุดสะเทินจะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำต่อเข็มทิศ เป็นผลให้เข็มทิศสามารถวางตัวได้อย่างเสรีได้ทุกทิศทาง

แบบฝึกหัด 2.1.1

1. ข้อความใดแสดงความหมายของ “จุดสะเทิน” ได้ถูกต้องที่สุด
   1. ตำแหน่งที่ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่าน
   2. ตำแหน่งที่ไม่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศ
   3. ตำแหน่งที่มีสนามแม่เหล็กมารวมกันแล้วเป็นศูนย์
   4. ตำแหน่งที่เข็มทิศจะวางตัวในแนวใดก็ได้
2. แม่เหล็ก 2 แท่ง ขนาดเท่ากันทุกประการวางขนานกันดังรูป จุดสะเทินจะอยู่ในตำแหน่งใด
   1. ก
   2. ข
   3. ค
   4. ง



2.1.2 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

เมื่อประจุ q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ผ่านเข้าไปในสนามแม่เล็ก B ในทิศทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อประจุ ขนาด F ตามสูตร

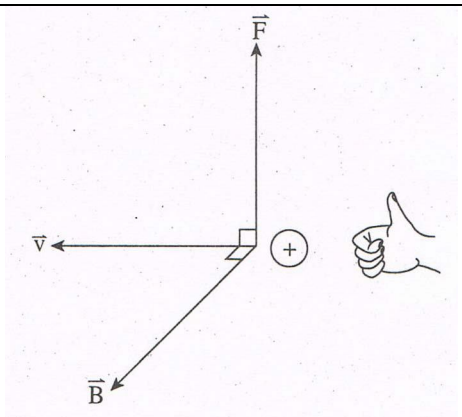
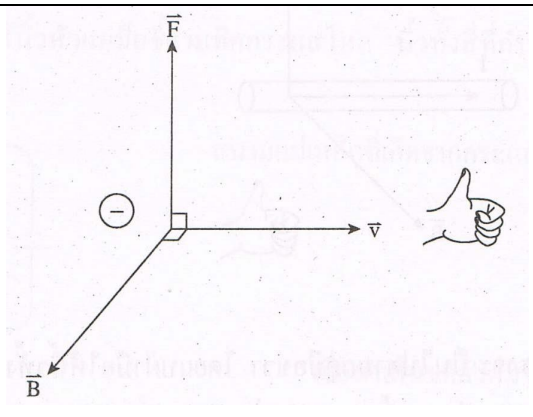
$$\mathbf{F = qvB \sin \theta}$$

มุม θ มี 3 แบบ ดังนี้

1. $\theta = 0^\circ$	2. $\theta = 90^\circ$	3. $0^\circ < \theta < 90^\circ$
F = 0	F = qvB	F = qvB sin θ
ประจุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	ประจุเคลื่อนที่เป็นวงกลม	ประจุเคลื่อนที่เป็นรูปตะปูเกลียว

กำหนดให้ F คือ แรงที่แม่เหล็กกระทำต่อประจุ(N) q คือ ประจุไฟฟ้า (C)
v คือ ความเร็ว (m/s) B คือ สนามแม่เหล็ก (T)
θ คือ มุมระหว่างความเร็ว v (ทิศที่ประจุวิ่ง) กับสนามแม่เหล็ก B

การหาทิศของแรงแม่เหล็กจะหาได้จากการใช้มือแสดง โดยแยกเป็น 2 กรณี ตามชนิดของประจุ คือ

1. ประจุบวก หาได้จากการใช้มือขวาแบฝ่ามือให้นิ้วทั้งสี่ชี้ตามความเร็วv แล้วงอนิ้วทั้งสี่ให้วนไปตามทิศสนามแม่เหล็ก B นิ้วหัวแม่มือที่กางอยู่จะชี้ทิศของแรง F ที่เกิดขึ้น	**2. ประจุลบ** หาได้จากการใช้มือซ้ายแบฝ่ามือให้นิ้วทั้งสี่ชี้ตามความเร็วv แล้วงอนิ้วทั้งสี่ให้วนไปตามทิศสนามแม่เหล็ก B นิ้วหัวแม่มือที่กางอยู่จะชี้ทิศของแรง F ที่เกิดขึ้น
	

เนื่องจาก แรงแม่เหล็ก F_B ที่กระทำต่อประจุที่วิ่งในสนามแม่เหล็กนี้เป็นแรงที่ตั้งฉากจึงทำให้ประจุวิ่งเบี่ยงเบนเป็นทางโค้งวงกลม ตามสมการการเคลื่อนที่แบบวงกลม

$$F = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R \quad \text{เมื่อ} \quad \omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T}$$

รัศมีของประจุที่วิ่งในสนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก จะได้ว่า

$$F_B = F_C$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$\boxed{R = \frac{mv}{qB}}$$

และเบี่ยงเบนเป็นมุม θ ในเวลา t จะได้ว่า

$$\boxed{t = \frac{m\theta}{qB} \quad \text{และ} \quad T = \frac{2\pi m}{qB}}$$

อย่างไรก็ตาม ถ้ามีแรงอื่น ๆ มาหักล้าง เช่น แรงไฟฟ้าจากสนามไฟฟ้าก็อาจทำให้ประจุวิ่งเป็นเส้นตรง คือมี $\Sigma F = 0$ ก็ได้

แบบฝึกหัด 2.1.2

1. สิ่งต่อไปนี้อะไรบ้างที่มีผลต่อทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคมีประจุที่วิ่งในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

   ก. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ข. ขนาดของประจุ

   ค. ขนาดของสนามแม่เหล็ก ง. ชนิดของประจุ

   ข้อที่ถูกต้องคือ

   1. ก. และ ข. 2. ก. และ ค.

   3. ก. และ ง. 4. ข. และ ค.

2. อนุภาคมีประจุไฟฟ้าบวกวิ่งตัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก แนวทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคนี้เป็นอย่างไร

   1. เส้นตรง 2. วงกลม 3. วงรี 4. เกลียว

3. อิเล็กตรอนวิ่งด้วยความเร็ว 10^7 เมตรต่อวินาที เข้าไปในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กขนาด 10^{-5} เทสลา ขนาดของแรงที่กระทำต่ออิเล็กตรอนเป็นเท่าใด

   ก. 1.6×10^{-16} N ข. 1.6×10^{-17} N ค. 1.6×10^{-18} N ง. 1.6×10^{-19} N

4. อนุภาคมวล 0.5 กรัม มีประจุ 2.5×10^{-8} C เคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามแนวระดับ 8×10^6 เมตรต่อวินาที เข้าไปในสนามแม่เหล็กซึ่งมีทิศตั้งฉากกับความเร็ว ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนมีรัศมีความโค้ง 2 เมตร จงหาขนาดของสนามแม่เหล็ก

   ก. 5×10^{10} T ข. 5×10^{11} T ค. 8×10^{10} T ง. 8×10^{11} T

2.1.3 ผลของสนามแม่เหล็กต่อการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

แรงที่แม่เหล็กกระทำต่อลวดที่มีกระแสไหลในสนามแม่เหล็ก

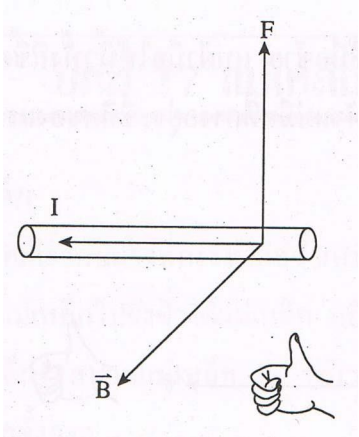
เมื่อประจุเคลื่อนที่ในลวด แสดงว่าลวดนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหล ดังนั้น จึงเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดได้ตามสมการ

$$F = IlB\sin\theta$$

เมื่อ F คือ แรงที่แม่เหล็กกระทำต่อลวด(N) l คือ ความยาวของเส้นลวด (m)

B คือ สนามแม่เหล็ก (T) θ คือ มุมระหว่าง I กับ B

ทิศของแรงจะเป็นไปตามกฎมือขวา โดยแบฝ่ามือให้นิ้วทั้งสี่ชี้ตามทิศกระแส I งอนิ้วทั้งสี่วนไปตามทิศสนามแม่เหล็กB นิ้วหัวแม่มือที่กลางอยู่จะชี้ทิศของแรงF ที่กระทำต่อลวด



แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดที่มีกระแสไหลในสนามแม่เหล็กจะกระทำต่อลวดทั้งเส้นที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจึงส่งผลให้ลวดเคลื่อนที่ไปทั้งเส้น ซึ่งจะเป็นการเคลื่อนที่แบบมีความเร่งตามกฎนิวตัน คือ $\Sigma F = ma$ และถ้ามีแรงเคลื่อนอื่น ๆ มากระทำต่อลวดอีก ก็อาจทำให้ลวดอยู่ในสภาพสมดุล คือ $\Sigma F = 0$ ก็ได้

โมเมนต์ของลวดที่มีกระแสไหลในสนามแม่เหล็ก

ขดลวดพื้นที่ A อยู่ในสนามแม่เหล็ก B โดยแกนของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กแล้วให้กระแสไฟฟ้า I ไหลในขดลวด จะเกิดแรงคู่ควบเนื่องจากแรงแม่เหล็กกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน มีขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบ เป็นตามสมการ

$$M = INBA\cos\theta$$

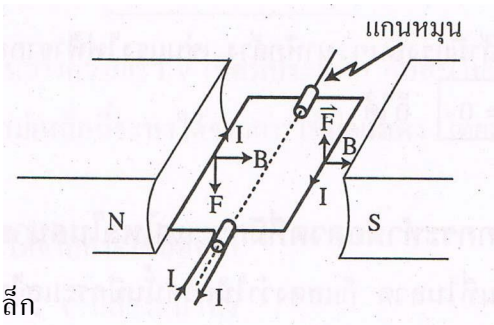
เมื่อ M คือ โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (N-m)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด (A)

N คือ จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)

A คือ พื้นที่ของขดลวด (m^2)

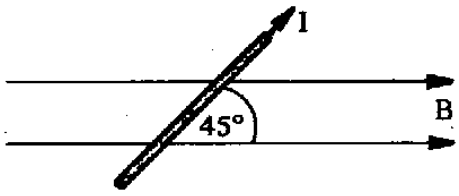
θ คือ มุมระหว่างระนาบของขดลวดกับสนามแม่เหล็ก



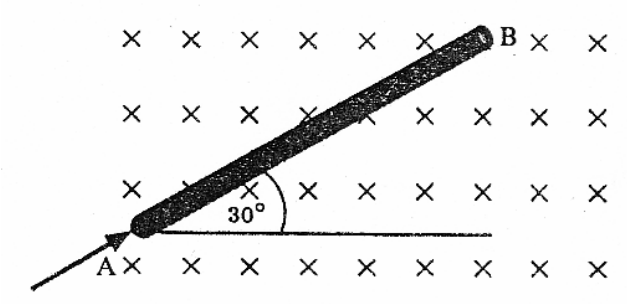
แบบฝึกหัด 2.1.3

1. ลวดยาว 2 เมตร มีกระแสไหลผ่าน 10 แอมแปร์ เส้นลวดวางทำมุม 30 องศา กับสนามแม่เหล็ก 1.25 เทสลา จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อลวดนี้
2. ขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว 100 cm กว้าง 20 cm มีขดลวดพัน 25 รอบ มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจร 100 A ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเท่ากับ 0.3 T จงหาโมเมนต์ของแรงคู่ควบในขดลวด เมื่อขดลวดวางในแนวขนานกับทิศของสนามแม่เหล็ก

3. ลวดยาว 10 เซนติเมตร วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป ถ้าสนามแม่เหล็กเป็น 3×10^{-2} เทสลา และเกิดแรงลวดเส้นนี้ 6×10^{-4} นิวตัน จงหาค่ากระแสที่ผ่านลวดนี้ในหน่วยแอมแปร์

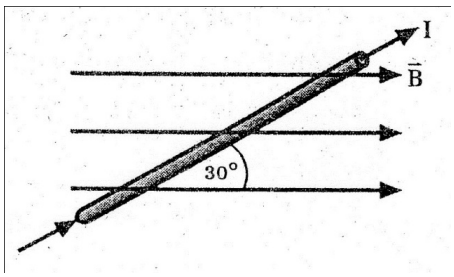


4. ลวด AB ยาว 1 เมตร มีกระแสไหลผ่าน 0.2 แอมแปร์ จาก A ไป B ลวดอยู่ในสนามแม่เหล็ก 0.4 เทสลา โดยวางตัวดังรูป แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดเป็นเท่าใด



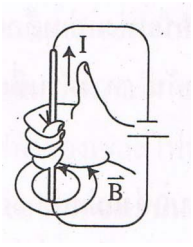
1. 4×10^{-3} N
2. 8×10^{-3} N
3. 4×10^{-2} N
4. 8×10^{-2} N

5. ลวดยาว 10 cm มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 5 A วางในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 3 เทสลา โดยลวดเอียงทำมุม 30° กับสนามแม่เหล็ก ดังรูป จงหาขนาดของแรงที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อลวดเส้นนี้

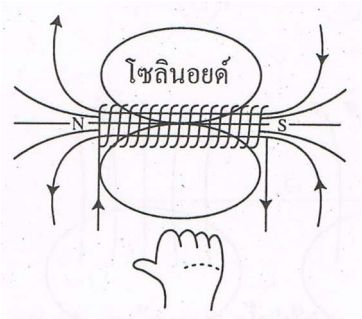


1. 1.5 N
2. 1.25 N
3. 0.75 N
4. 0.45 N

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไหลในเส้นลวดและขดลวดโซลินอยด์



กระแสที่ไหลในขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมารอบ ๆ ลวดนั้นโดยจะมีทิศวนตามกฎมือขวา คือใช้มือขวาให้นิ้วหัวแม่มือชี้ตามทิศกระแสไหล นิ้วทั้งสี่ที่กำวนรอบลวดจะแสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแส $B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$

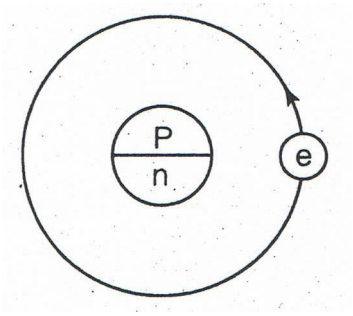


เมื่อนำเส้นลวดมาขดเป็นวง เกิดเป็นขดลวดโซลินอยด์ แล้วให้กระแสไหล สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีสภาพเหมือนเป็นแท่งแม่เหล็ก โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะหาได้จากการใช้มือขวา กำให้นิ้วทั้งสี่วนตามกระแสที่ไหลในขดลวด นิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปด้านปลายที่เป็นขั้วเหนือของแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้นมา

2.2 สนามไฟฟ้า (Electric field)

ประจุไฟฟ้า

โครงสร้างอะตอม



อนุภาค	ประจุ	มวล
อิเล็กตรอน	-1.6×10^{-19} C	9.1×10^{-31} kg
โปรตอน	$+1.6\times10^{-19}$ C	1.67×10^{-27} kg
นิวตรอน	กลาง	1.67×10^{-27} kg

ประจุไฟฟ้า คือ อำนาจทางไฟฟ้า

ชนิดของประจุมี 2 แบบ คือ ประจุบวก และประจุลบ

1. ประจุบวก คือ จำนวนโปรตอนมากกว่าจำนวนอิเล็กตรอน ($p > e$)
2. ประจุลบ คือ จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน ($e > p$)

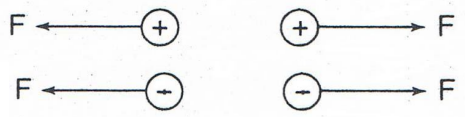
หมายเหตุ วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า คือ มีโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน ($p = e$)

โดย $Q = ne$ Q = ประจุทั้งหมด เป็นคูลอมบ์

$n = \frac{Q}{e}$ n = จำนวนอนุภาค

$e = 1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์

แรงระหว่างประจุมี 2 แบบ คือ แรงดูดและแรงผลัก

ประจุเหมือนกันออกแรงผลักกัน	ประจุต่างกันออกแรงดูดกัน
	
แรงผลัก	แรงดูด

หลัก 1. ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะผลักกัน ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะดูดกัน

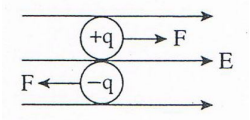
2. แรงดูดหรือแรงผลักนั้นเป็นแรงผลักนั้นเป็นแรงต่างกระทำร่วมกัน ตามกฎข้อที่ของนิวตัน

3. วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะดูดวัตถุที่เป็นกลางเสมอ

สนามไฟฟ้า (Electric field)

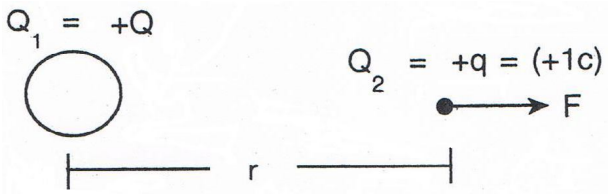
สนามไฟฟ้า (E) คือ แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบหนึ่งหน่วยซึ่งวางไว้ที่ตำแหน่งใด ๆ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อคูลอมบ์

$$E = \frac{F}{q} \qquad \text{หรือ} \qquad F = qE$$



โดยทิศของแรง F จะเป็นทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า E เมื่อ q เป็นประจุบวก แต่ทิศของแรง F จะเป็นทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า E เมื่อ q เป็นประจุลบ

สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

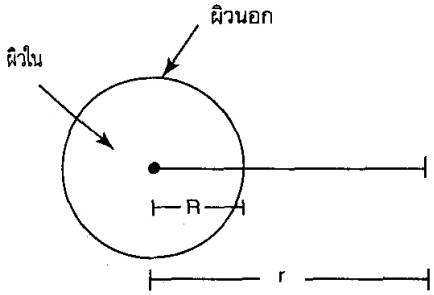


จากสมการ $E = \frac{F}{q}$

แทนค่า F ด้วย $\frac{KQ_2Q_2}{r^2}$ จะได้ว่า $E = \frac{KQ_2Q_2}{r^2q} = \frac{K(+Q)(+q)}{r^2q}$

จะได้ว่า $E = \frac{KQ}{r^2}$

สนามไฟฟ้าในตัวนำทรงกลม



เมื่อ E คือ สนามไฟฟ้า

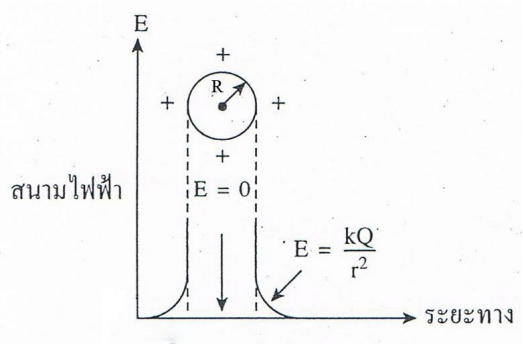
Q คือ ประจุไฟฟ้า

R คือ รัศมีทรงกลม

r คือ ระยะห่าง

K คือ ค่าคงที่เท่ากับ 9×10^9 $N.m^2/C^2$

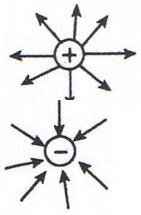
สูตรสนามไฟฟ้า		
ภายในตัวนำทรงกลม	ที่ผิวตัวนำทรงกลม	ที่ผิวนอกตัวนำทรงกลม
$E = 0$	$E = \frac{KQ}{R^2}$	$E = \frac{KQ}{r^2}$



เส้นแรงไฟฟ้า (Electric line of force)

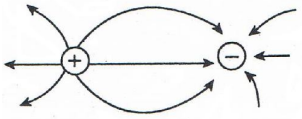
คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า

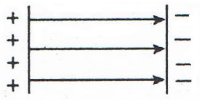
1. ประจุบวกเส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออก



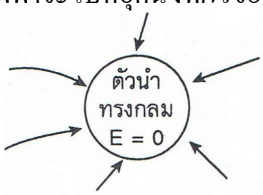
2. ประจุลบเส้นแรงไฟฟ้าพุ่งเข้า

3. มีทั้งประจุบวกและลบเส้นแรงไฟฟ้าจะพุ่งจากบวกไปลบ



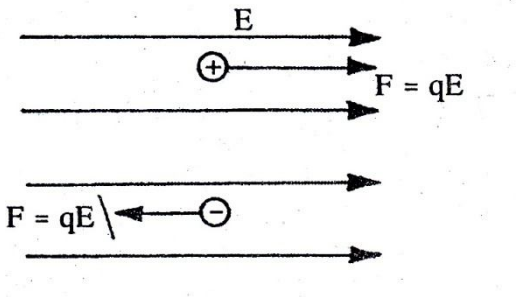


4. เส้นแรงไฟฟ้าจะไปหยุดนิ่งที่ผิวของตัวนำทรงกลมไม่พุ่งเข้าไปข้างใน



แรงในสนามไฟฟ้า

ในบริเวณสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ถ้ามีประจุไฟฟ้าอยู่ในบริเวณ จะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้า ทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในสนามไฟฟ้า



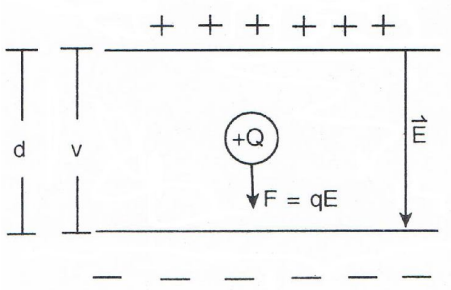
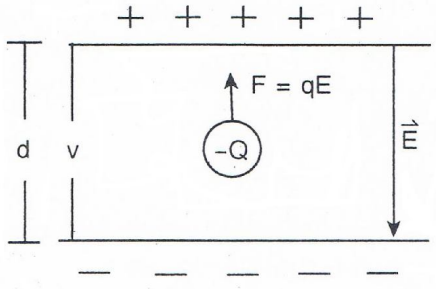
ประจุบวก มีแรงกระทำทิศเดียวกับ E
ประจุลบ มีแรงทิศตรงกันข้ามกับE

จาก $F = qe$

$ma = qE$

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

สนามไฟฟ้าในแผ่นโลหะคู่ขนาน

ประจุบวกทิศของ F กับ E ทิศเดียวกัน	ประจุลบทิศของ F กับ E ทิศตรงกันข้าม
	

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

E = สนามไฟฟ้า หน่วย นิวตัน/คูลอมบ์

V = ความต่างศักย์ระหว่างแผ่น หน่วย โวลต์

d = ระยะห่าง หน่วย เมตร

ต้องจำ สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์คิดทิศทางแต่ไม่ต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุ

แบบฝึกหัด 2.2

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

   1. 1.6×10^{-21} C 2. 1.6×10^{-20} C 3. 1.6×10^{-19} C 4. 1.6×10^{-18} C

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

   1. 3.0×10^{8} N/C 2. 9.0×10^{8} N/C 3. 2.7×10^{9} N/C 4. 5.4×10^{9} N/C

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

   1. 0 , 281 N/C 2. 281 , 0 N/C 3. 0 , 180 N/C 4. 180 , 0 N/C

4. สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งติดกับผิวตัวนำด้านนอกจะมีทิศทางใด

   1. ตั้งฉากกับผิว 2. สัมผัสผิว
   3. ขึ้นกับรูปร่างของผิว 4. ทำมุมกับผิวน้อยกว่า 45°

5. ข้อใด**ไม่ใช่**สมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า

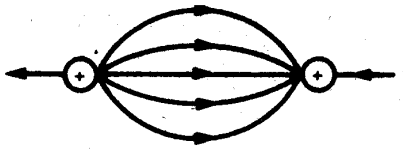
   1. ตั้งฉากกับผิวของตัวนำ 2. ช่วยหาทิศของสนามไฟฟ้าได้
   3. ผ่านตัวนำได้ แต่ไม่ผ่านฉนวน 4. ออกจากประจุบวก เข้าหาประจุลบ

6. อนุภาคอันหนึ่งหนัก 10^{-2} N เคลื่อนที่เข้าไปในแผ่นโลหะคู่ขนานที่มีความต่างศักย์ 1.0 โวลต์ โดยมีทิศการเคลื่อนที่ขนานกับแผ่นคู่ขนานเป็น 10^{-2} เมตร จงหาว่าอนุภาคนั้นมีประจุเท่าใด

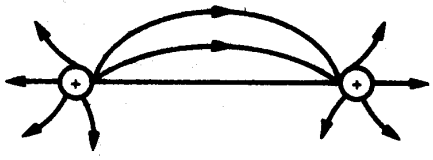
   1. 0.5×10^{-4} C 2. 0.2×10^{-4} C 3. 1.0×10^{-4} C 4. 2.0×10^{-4} C

7. ทรงกลมที่มีประจุ 2 ทรงกลม ต่างมีประจุบวกที่มีขนาดเท่ากัน วางห่างกันระยะทางขนาดหนึ่ง เส้นแรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในข้อใดถูกต้อง

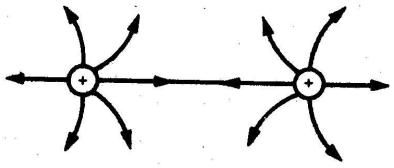
ก.



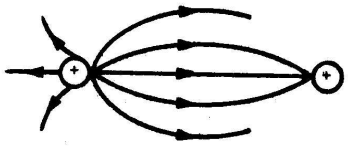
ข.



ค



ง



8. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1). ณ ตำแหน่งใดๆ ที่มีแรงทางไฟฟ้ากระทำต่อประจุไฟฟ้าได้ บริเวณนั้นมีสนามไฟฟ้า

2). เส้นแรงไฟฟ้าจะมิทิศพุ่งออกจากประจุลบเข้าสู่ประจุบวก

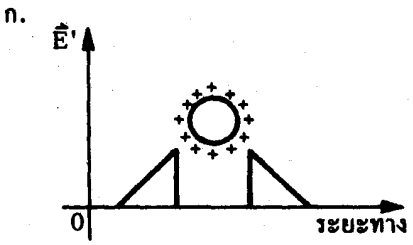
3). สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณเวกเตอร์

ข้อที่ถูกคือ

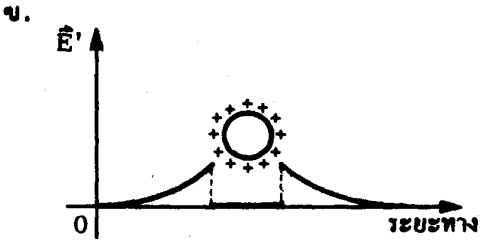
1. ข้อ 1, 2 2. ข้อ 1, 3 3. ข้อ 2 , 3 4. ข้อ 1, 2 และ 3

9. รูปแสดงสนามไฟฟ้าของทรงกลมตัวนำเทียบกับระยะทางต่อไปนี้ ข้อใดที่ท่านเห็นว่าถูกต้อง

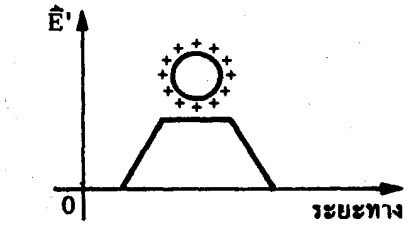
ก.



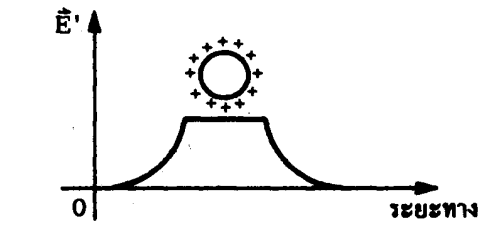
ข.



ค.



ง.



10.แผ่นโลหะสองแผ่นวางขนานกัน อยู่ห่างกัน 1 มิลลิเมตร ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองเท่ากับ 90 โวลต์ สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่นี้มีค่าเท่าใด

1. 3,000 N / C 2. 9,000 N / C

3. 30,000 N / C 4. 90,000 N / C

2.3 สนามโน้มถ่วง (g)

สนามโน้มถ่วง

1. มีทิศพุ่งสู่ศูนย์กลางของโลก
2. ทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่กระทำต่อมวลของวัตถุ
3. มีค่าต่างกันตามตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

การหาค่าสนามโน้มถ่วง (g)

จาก $\frac{GMm}{r^2} = mg$

$$g = \frac{GM}{r^2} \qquad (g \ \alpha \ \frac{1}{r^2})$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

น้ำหนัก(w) คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุ น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์

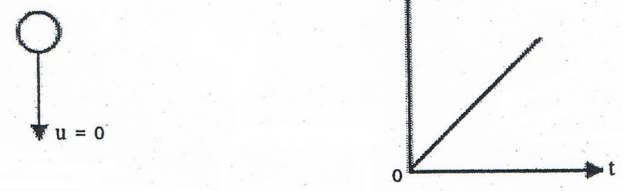
จาก $w = mg$

จะได้ $\frac{w_1}{w_2} = \frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{m_1}{m_2}$ → ถ้า g คงที่

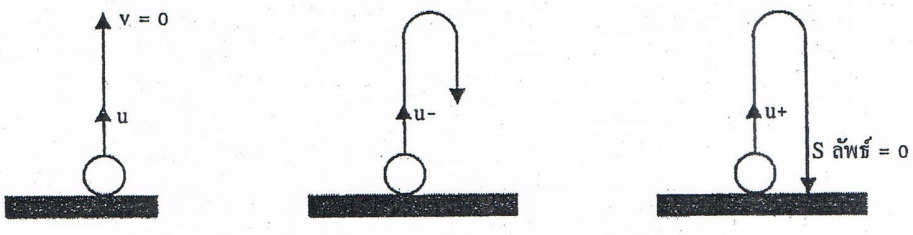
$\frac{w_1}{w_2} = \frac{mg_1}{mg_2} = \frac{g_1}{g_2}$ → ถ้า m คงที่

การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง

1. การปล่อยวัตถุตกลงมา ความเร็วจะมากขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น



2. การขว้างวัตถุขึ้นไป ความเร็วจะน้อยลง เมื่อขึ้นไปสูงสุดแล้วตกลงมา



แบบฝึกหัด 2.3

1. น้ำหนักของวัตถุหนึ่งที่เส้นศูนย์สูตร และที่ขั้วโลกเท่ากันหรือไม่
   1. เท่ากับ เพราะเป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน
   2. เท่ากัน เพราะแรงดึงดูดของโลกมีค่าเท่ากัน
   3. ไม่เท่ากัน เพราะความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกมีค่าไม่เท่ากัน
   4. ไม่เท่ากัน เพราะอุณหภูมิไม่เท่ากัน
2. ถ้ามวลของโลกเป็น 81 เท่ากับมวลของดวงจันทร์ และมีรัศมีโลกเป็น เป็นสี่เท่าของรัศมีดวงจันทร์ ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางที่ผิวของดวงจันทร์จะมีค่าเท่า
   1. 1.25 m/s^2 2. 1.97 m/s^2 3. 2.5 m/s^2 4. 3.4 m/s^2
3. นักบินอวกาศจะมีน้ำหนักกี่เท่าของน้ำหนักที่ชั่งบนโลก ถ้าอยู่บนดาวเคราะห์ที่มีรัศมีครึ่งหนึ่งของโลก และมีมวลเป็น 1/8 ของมวลโลก
   1. 0.25 2. 0.50 3. 0.75 4. 1.25
4. (O-NET51) เมื่ออยู่บนดวงจันทร์ชั่งน้ำหนักของวัตถุที่มีมวล 10 กิโลกรัมได้ 16 นิวตัน ถ้าปล่อยให้วัตถุตกที่บนผิวดวงจันทร์ วัตถุจะมีความเร่งเท่าใด
   1. 1.6 m/s^2 2. 3.2 m/s^2 3. 6.4 m/s^2 4. 9.6 m/s^2
5. (O-NET52) วัตถุ A มีมวล 10 กิโลกรัม วางอยู่นิ่งบนพื้น ส่วนวัตถุ B ซึ่งมีมวลเท่ากัน กำลังตกลงสู่พื้นโลก ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ และกำหนดให้ทั้ง A และ B อยู่ในบริเวณที่ขนาดสนามโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.8 นิวตัน/กิโลกรัม ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง
   1. วัตถุทั้งสองมีน้ำหนักเท่ากัน
   2. วัตถุทั้งสองมีอัตราเร่งในแนวดิ่งเท่ากัน คือ 9.8 เมตร/วินาที ^{2}
   3. แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ A มีขนาดเท่ากับ 98 นิวตัน
   4. แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ B มีขนาดเท่ากับ 98 นิวตัน
6. (O-NET53) วัตถุอันหนึ่งเมื่ออยู่บนโลกที่มีสนามโน้มถ่วง g พบว่ามีน้ำหนักเท่ากับ W_1 ถ้านำวัตถุนี้ไปไว้บนดาวเคราะห์อีกดวงพบว่ามีน้ำหนัก W_2 จงหามวลของวัตถุนี้
   1. $\frac{W_1}{g}$ 2. $\frac{W_2}{g}$ 3. $\frac{W_1+W_2}{g}$ 4. $\frac{W_2+W_1}{2g}$
7. เหตุใดค่าความเร่งโน้มถ่วง (g) ที่ตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียมจึงมีค่าน้อยกว่าค่าความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวโลก **(O-Net 59)**
   1. อวกาศที่ตำแหน่งวงโคจรเบาบางมาก 2. ดาวเทียมมีการโคจรเป็นวงกลมรอบโลก
   3. แรงดึกดูดระหว่างโลกและดาวเทียมที่ตำแหน่งวงโคจรมีค่าน้อยกว่าที่ตำแหน่งบนผิวโลก
   4. มีแรงดึกดูดจากดาวฤกษ์ดวงอื่นมากระทำต่อดาวเทียม
   5. ดาวเทียมเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูง ขนานไปกับผิวโลก