

ฟิสิกส์^๖

เล่ม ๕ ชั้น ม.๖

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ 2 (ติดกับ สนง. ที่ดินบางบัวทอง) ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง
จ.นนทบุรี 11110

E-mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ หจก. SPG 1999 ม.เพชรอนันต์ เขตคันนายาว กรุงเทพฯ ๑ 10230

คำนำ

วิชาฟิสิกส์คือกุญแจสำคัญในการทำความเข้าใจธรรมชาติอย่างลึกซึ้ง และเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีเกือบทุกแขนง หนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมเนื้อหาที่น่าสนใจและสำคัญ 3 บท เพื่อเตรียมนักเรียนให้มีความเข้าใจด้านฟิสิกส์ที่กว้างขึ้น ลึกขึ้น และเชื่อมโยงกับโลกจริงได้มากยิ่งขึ้น

บทที่ 15 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก นักเรียนจะได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้าและแม่เหล็ก ซึ่งเป็นรากฐานของเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีในยุคดิจิทัล เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง ไปจนถึงสนามแม่เหล็กโลก

บทที่ 16 ความร้อนและแก๊ส พลังงานความร้อนและพฤติกรรมของแก๊สมีบทบาททั้งในสิ่งมีชีวิต วิศวกรรม และสภาพแวดล้อม นักเรียนจะได้เรียนรู้กลไกการถ่ายเทความร้อน กฎของแก๊ส และทฤษฎีจลน์โมเลกุลซึ่งอธิบายพฤติกรรมของแก๊สในระดับอนุภาค

บทที่ 17 ของแข็งและของไหล บทนี้จะพานักเรียนเข้าใจสมบัติเชิงกลของวัสดุ เช่น ความเค้น ความเครียด การลื่นไถล ความหนืด ความดัน ฯลฯ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบโครงสร้าง เครื่องมือ และการวิเคราะห์ระบบต่าง ๆ ทั้งในธรรมชาติและในวิศวกรรม

หนังสือเล่มนี้จัดทำขึ้นโดยคำนึงถึงความเข้าใจง่าย พร้อมแผนภาพประกอบ และแบบฝึกหัด เพื่อให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเตรียมพร้อมสำหรับการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือฟิสิกส์เล่มนี้จะเป็นเครื่องมือที่ดีในการจุดประกายความคิด สร้างแรงบันดาลใจ และนำฟิสิกส์เข้าไปใกล้ชีวิตประจำวันของนักเรียนทุกคน

ถ้าท่านสนใจหนังสือนี้ในรูปแบบ E-BOOK ก็มีจำหน่ายที่เว็บไซต์ ร้านนายอินทร์ , MEB , อุกปิ , ซีเอ็ด , htext , ศูนย์หนังสือจุฬาฯ และ DDebook

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไปไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้ (ที่ช้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



สุชาติ สุภาพ

มือถือ 083-920-3825

สารบัญ

หน้า

บทที่ 15 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก	5
15.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	5
15.1.1 สนามแม่เหล็ก	15
15.1.2 สนามแม่เหล็กโลก	15
15.1.3 ฟลักซ์แม่เหล็ก	19
15.1.4 การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก	45
15.2 กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก	52
15.3 แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	52
15.4 แรงระหว่างเส้นลวดตัวนำสองเส้นที่ขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน	67
15.5 แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก	76
15.6 การประจุคูลอมบ์ของสนามแม่เหล็กต่อตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	76
15.7 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	85
15.8 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับในมอเตอร์	98
15.9 หม้อแปลงไฟฟ้า	99
15.10 ค่าของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแสสลับ	118
15.11 การนำความรู้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์	140
16 ความร้อนและแก๊ส	145
16.1 ความร้อน	145
16.1.1 อุณหภูมิ	150
16.1.2 ความจุความร้อน	161
16.1.3 สถานะและการเปลี่ยนสถานะของสาร	168
16.1.4 การถ่ายโอนความร้อน	202
16.2 แก๊สอุดมคติ	218
16.2.1 กฎของบอยล์	218
16.2.2 กฎของชาร์ล	219
16.2.3 กฎของแก๊ส	220

สารบัญ

หน้า

16.3 ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	220
16.3.1 ความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส	221
16.3.2 อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊ส	221
16.4 พลังงานภายในระบบ	226
16.5 สมดุลความร้อน	231
16.6 การประยุกต์	231
บทที่ 17 ของแข็งและของไหล	249
17.1 สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง	249
17.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด	255
17.3 ของไหล	264
17.4 ความหนาแน่น	265
17.5 ความดันในของไหล	266
17.5.1 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึก	267
17.5.2 เครื่องวัดความดัน	281
17.5.3 ความดันกับชีวิตประจำวัน	281
17.6 กฎของพาสคัล	286
17.7 แรงพยุงและหลักของอาร์คิมิดีส	291
17.8 ความตึงผิว	314
17.9 ความหนืด	329
17.10 พลศาสตร์ของของไหล	339
17.10.1 ของไหลอุดมคติ	339
17.10.2 การไหลของของไหลอุดมคติ	341
17.10.3 สมการความต่อเนื่อง	344
17.10.4 สมการแบร์นูลลี	351
17.10.5 การประยุกต์ของสมการแบร์นูลลี	368

บทที่ 15

ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

ลองจินตนาการถึงโลกที่ไม่มีไฟฟ้า ไม่มีแสงสว่าง ไม่มีสมาร์ตโฟน ไม่มีคอมพิวเตอร์ หรือแม้แต่พัดลมกับตู้เย็นก็
คงไม่ทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเกิดขึ้นได้เพราะ "ไฟฟ้า" ซึ่งเป็นพลังงานที่เราใช้กันในชีวิตประจำวันแทบทุกด้าน และถ้าพูดถึง
ไฟฟ้าก็ต้องพูดถึง "แม่เหล็ก" ด้วย เพราะทั้งสองสิ่งนี้มีความเกี่ยวข้องกันอย่างลึกซึ้ง จนเป็นหัวข้อสำคัญในวิชาฟิสิกส์ที่
เรียกว่า ไฟฟ้าและแม่เหล็ก และเมื่อเราเข้าสู่ แม่เหล็ก เราจะพบว่า สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกัน
แต่ยังสามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, มอเตอร์, และ หม้อแปลงไฟฟ้า
เรื่อง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ไม่ใช่แค่เนื้อหาวิชาฟิสิกส์เท่านั้น แต่ยังเป็นประตูสู่เทคโนโลยีที่เปลี่ยนโลก และเป็นพื้นฐานของ
วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และนวัตกรรม อย่างแท้จริง

ไฟฟ้า

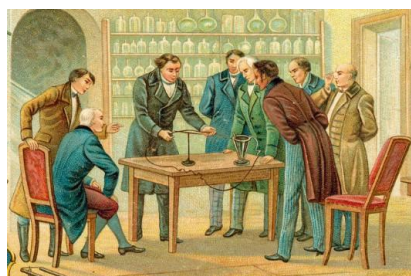
ไฟฟ้าหมายถึงพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการแยกตัวออกมาของประจุไฟฟ้า หรือการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า
ปัจจุบันมีการนำเอาพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในงานด้านต่าง ๆ อย่างมากมาย จนอาจถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่ 5 ของมนุษย์

แม่เหล็ก

แม่เหล็กหมายถึงแร่ หรือโลหะที่มีสมบัติดูดวัตถุอื่นที่ทำด้วยสารแม่เหล็กได้ แม่เหล็กเป็นแร่หรือโลหะที่มีสมบัติดูด
เหล็กได้ในประวัติศาสตร์ พบว่าสารแม่เหล็กในหินแมกเนตไซต์ โดยบริเวณรอบสารแม่เหล็กจะมีสนามแม่เหล็กแผ่
ออกมา ปัจจุบันพบว่ามีสารอื่นที่ทำให้เป็นแม่เหล็กได้ เช่น นิกเกิล โคบอล แมงกานีส ในปี ค.ศ.1600 William Gilbert เสนอ
ว่าโลกก็เป็นแม่เหล็กถาวรด้วยเหมือนกัน

15.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

เอร์สเตด คาสตราจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ ประจำมหาวิทยาลัยโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก พบความสัมพันธ์ระหว่าง
ไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยความบังเอิญ ในขณะที่บรรยายวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อ คุณสมบัติของกระแสไฟฟ้า เขาพบว่า
สายไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหล จะทำให้เข็มทิศเบี่ยงเบนไปจากแนวเหนือใต้ได้



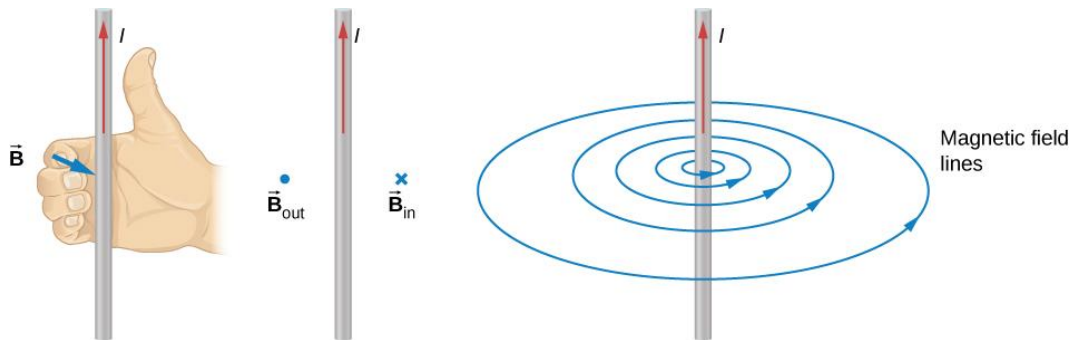
รูป 15.1 การทดลองของเอร์สเตด

ในช่วงนั้นนักวิทยาศาสตร์หลายคนพยายามแข่งกันเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เฮอร์สเดดพบ คนที่อธิบายได้ดีและชัดเจนคือ แอมแปร์, บีโอด์ และซาวาร์ต จึงมีการตั้งเป็นกฎของแอมแปร์ และกฎของบีโอด์ - ซาวาร์ต ทั้งกฎของแอมแปร์ และกฎของบีโอด์ - ซาวาร์ต เป็นกฎที่ใช้ในการคำนวณหาสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลได้เหมือนกัน กฎของแอมแปร์ เหมาะที่จะนำมาใช้หาสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะสมมาตร เช่น สนามแม่เหล็กจากขดลวดโซลินอยด์ ขดลวดทอรัส หรือเส้นลวดเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าไหล ส่วนกฎของบีโอด์ - ซาวาร์ต เหมาะที่จะนำมาใช้หาสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะไม่สมมาตร เช่น เส้นลวดที่โค้งงอและมีกระแสไฟฟ้าไหล ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการพบของเฮอร์สเดด นำไปสู่ทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า

ความเป็นแม่เหล็กของสารเกิดขึ้นได้อย่างไร

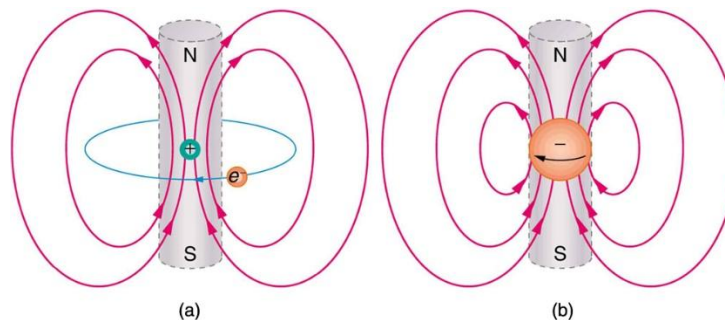
แอมแปร์ได้เสนอว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลวนในระดับอะตอมเป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กทุกอย่าง สนามแม่เหล็กจากสารแม่เหล็กเกิดขึ้นได้ 3 ทาง ดังนี้

- 1) เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า เช่นสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหล



รูป 15.2 สนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้า

- 2) อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียสในอะตอม เช่นสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากแท่งแม่เหล็กถาวร
- 3) อิเล็กตรอนหมุนรอบตัวเอง หรือที่เรียกว่า *electron spin* เช่นสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากแท่งแม่เหล็กถาวร



รูป 1. 53 (a) อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียส

(b) อิเล็กตรอนหมุนรอบตัวเอง

สนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากแท่งแม่เหล็กธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดมาจากการหมุนรอบตัวเองของอิเล็กตรอน ส่วนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากสารอื่นส่วนมักเกิดจากการโคจรรอบนิวเคลียสของอิเล็กตรอน ถึงแม้ในทางทฤษฎีไม่ได้บอกว่าแม่เหล็กจะต้องมี 2 ขั้ว แต่ในความเป็นจริง จะพบว่าแม่เหล็กมี 2 ขั้วเสมอ

ความเข้มสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น “เทสลา” (T) หรือเกาส์ (G)

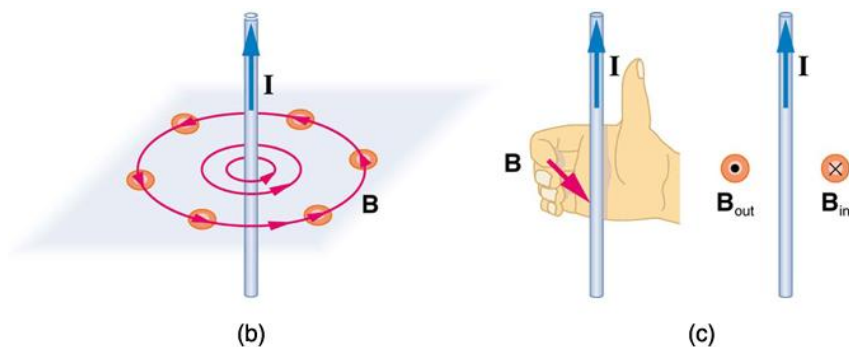
1 เทสลา = 1 เวเบอร์/ตารางเมตร

1 เกาส์ = 10^{-4} เทสลา

1 เทสลา = 10000 เกาส์

ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหล

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในสายไฟฟ้าหรือตัวนำใด ๆ จะมีสนามแม่เหล็กแผ่ออกมาก ทิศของสนามแม่เหล็กหาได้จากกฎมือขวา



รูป 1.54 ทิศของสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหล

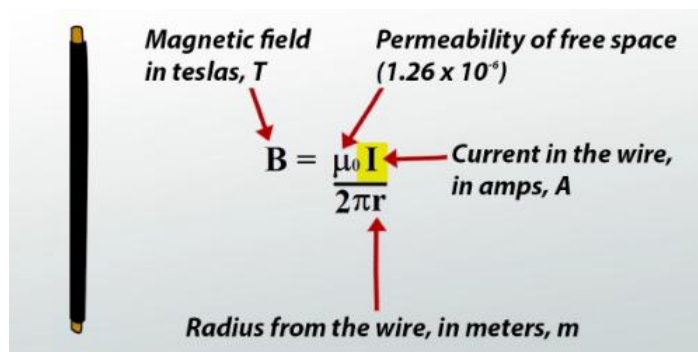
โดยความเข้มของสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมามีค่าขึ้นอยู่กับระยะห่างตามสมการ

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

เมื่อ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm} / \text{A}$

I คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลในเส้นลวด

r คือระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของเส้นลวด



ฟิสิกส์ เล่ม 5 ชั้น ม.6



Magnetic field
going into the page



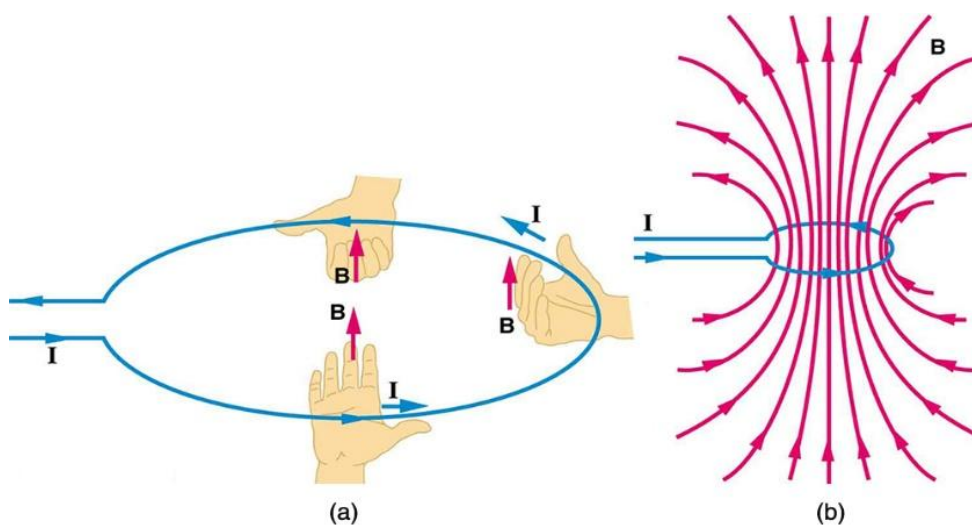
Magnetic field
coming out of the page.

รูป 15.5 สนามแม่เหล็กพุ่งเข้าไปในกระดาษ

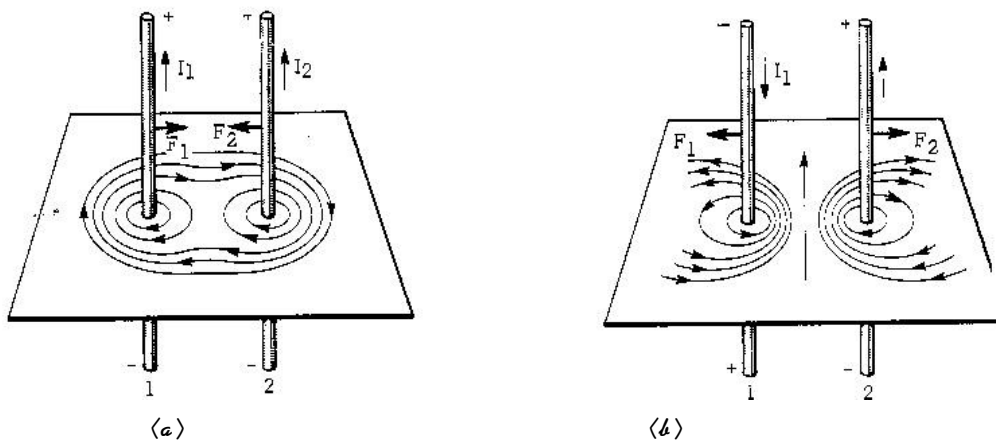
สนามแม่เหล็กพุ่งออกจากหน้ากระดาษ



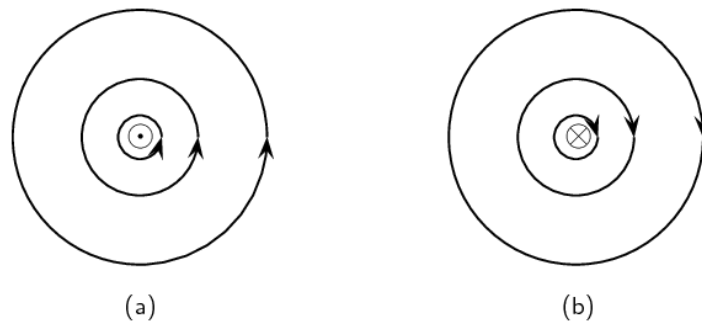
รูป 15.6 การทดลองที่แสดงให้เห็นว่าเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าจะมีสนามแม่เหล็กแผ่ออกมาโดยรอบ



รูป 15.7 สนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาจากเส้นลวดที่จัดเป็นวงกลม

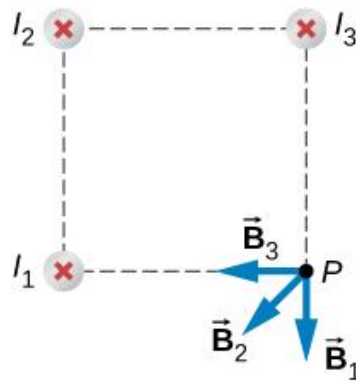


รูป 15.8 (a) เส้นลวดตัวนำ 2 เส้นที่มีกระแสไฟฟ้าไหลทางเดียวกันจะดึงดูดกัน (b) ไหลสวนทางกันก็จะดุดกัน



รูป 15.9 ทิศของสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดตัวนำ

ตัวอย่าง สายไฟสามเส้นวางเรียงกันที่มุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยสายไฟสามเส้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่ากันคือ 2 แอมป์ จงหาขนาดของสนามแม่เหล็กที่จุด P ถ้าความยาวของแต่ละด้านของสี่เหลี่ยมเท่ากับ 1 เซนติเมตร



วิธีทำ สนามแม่เหล็กที่จุด P มี 3 สนาม คือ B_1 , B_2 และ B_3

$$\begin{aligned}
 B_1 &= B_3 = \frac{\mu_o I}{2\pi R} \\
 &= \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A})(2 \text{ A})}{2\pi(0.01 \text{ m})} = 4 \times 10^{-5} \text{ T} \quad (1) \\
 B_2 &= \frac{\mu_o I}{2\pi R}
 \end{aligned}$$

ฟิสิกส์ เล่ม 5 ชั้น ม.6

$$= \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A})(2 \text{ A})}{2\pi(0.01414 \text{ m})} = 2.83 \times 10^{-5} T \quad (2)$$

รวมสนามแม่เหล็กในแนวแกน x

$$B_{\text{net } x} = -4 \times 10^{-5} T - 2.83 \times 10^{-5} T \cos 45^\circ = -6 \times 10^{-5} T$$

รวมสนามแม่เหล็กในแนวแกน y

$$B_{\text{net } y} = -4 \times 10^{-5} T - 2.83 \times 10^{-5} T \sin 45^\circ = -6 \times 10^{-5} T$$

สนามแม่เหล็กสุทธิ

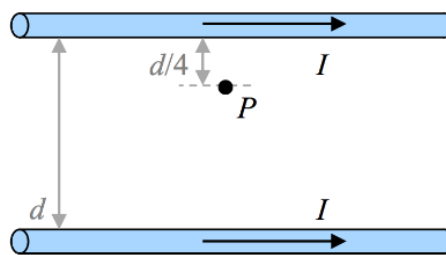
$$B_{\text{net}} = \sqrt{(B_{\text{net } x})^2 + (B_{\text{net } y})^2}$$

$$B_{\text{net}} = \sqrt{(-6 \times 10^{-5} T)^2 + (-6 \times 10^{-5} T)^2}$$

$$B_{\text{net}} = 8.48 \times 10^{-5} T$$

ตอบ

ตัวอย่าง เส้นลวดตัวนำสองเส้นมีกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านเหมือนกันดังรูป จงหาสนามแม่เหล็กที่จุด P



วิธีทำ จาก

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

ให้สนามไฟฟ้าพุ่งเข้าเป็น+ สนามไฟฟ้าพุ่งออกเป็น-

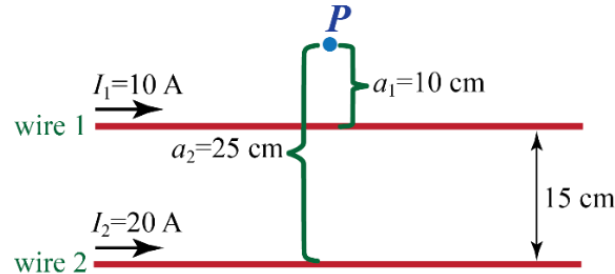
$$B = \frac{-\mu_0 I}{2\pi \left(\frac{d}{4}\right)} + \frac{-\mu_0 I}{2\pi \left(\frac{3d}{4}\right)}$$

$$B = \frac{-4\mu_0 I}{3\pi d} \text{ มีทิศพุ่งเข้าหากระดาด}$$

ตอบ

คำถามระหว่างบทเรียน

1) ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดตัวนำสองเส้นดังรูป/ จงหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุด P



วิธีทำ จาก $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

ให้สนามไฟฟ้าพุ่งเข้าเป็น+ สนามไฟฟ้าพุ่งออกเป็น -

$$B = \frac{-\mu_0 I_1}{2\pi(0.1)} + \frac{-\mu_0 I_2}{2\pi(0.25)}$$

$$B = \frac{-\mu_0 I_1}{0.2\pi} + \frac{-\mu_0 I_2}{0.5\pi}$$

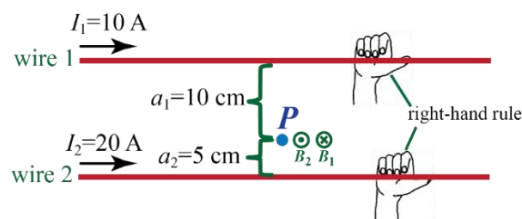
$$B = \frac{-0.5\mu_0(10) - 0.2\mu_0(20)}{0.1\pi}$$

$$B = \frac{-9\mu_0}{0.1\pi}$$

$$B = \frac{-9(4\pi \times 10^{-7})}{0.1\pi}$$

$$B = 3.6 \times 10^{-5} \text{ T มีทิศพุ่งออกกระดาน ตอบ}$$

2) ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดตัวนำสองเส้นดังรูป/ จงหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุด P



วิธีทำ จาก $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

ให้สนามไฟฟ้าพุ่งเข้าเป็น+ สนามไฟฟ้าพุ่งออกเป็น -

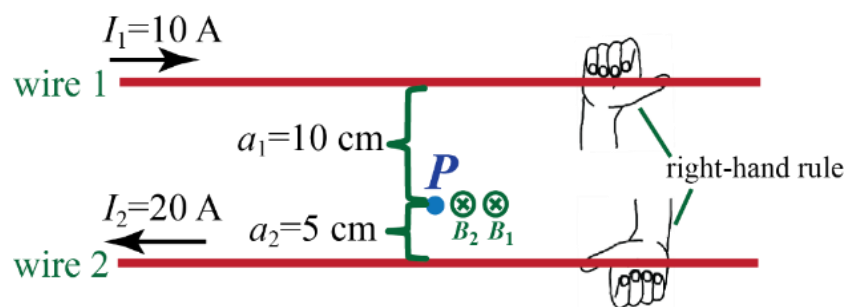
$$B = \frac{+\mu_0 I_1}{2\pi(0.1)} + \frac{-\mu_0 I_2}{2\pi(0.05)}$$

$$B = \frac{+\mu_0 I_1}{\pi(0.2)} + \frac{-\mu_0 I_2}{\pi(0.1)}$$

ฟิสิกส์ เล่ม 5 ชั้น ม.6

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{+0.1\mu_0 I_1 - 0.2\mu_0 I_2}{0.02\pi} \\
 B &= \frac{+0.1\mu_0(10) - 0.2\mu_0(20)}{0.02\pi} \\
 B &= \frac{+1\mu_0 - 4\mu_0}{0.02\pi} \\
 B &= \frac{-3\mu_0}{0.02\pi} = \frac{-3(4\pi \times 10^{-7})}{0.02\pi} \\
 B &= -6 \times 10^{-5} \text{ T มีทิศพุ่งออกกระดาน} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

๓) ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดตัวนำสองเส้นดังรูป / จงหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุด P



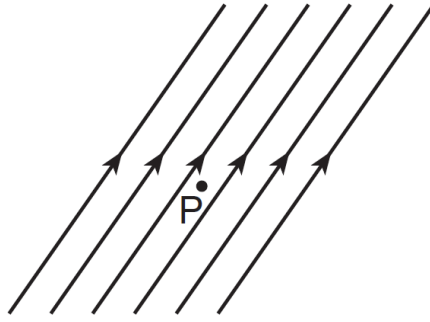
วิธีทำ จาก

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

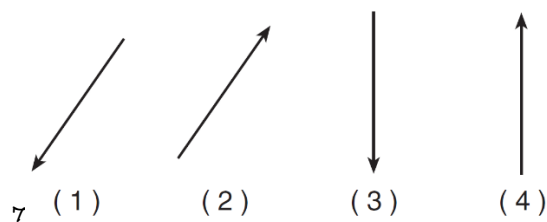
ให้สนามไฟฟ้าพุ่งเข้าเป็น + สนามไฟฟ้าพุ่งออกเป็น -

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{+\mu_0 I_1}{2\pi(0.1)} + \frac{+\mu_0 I_2}{2\pi(0.05)} \\
 B &= \frac{+\mu_0 I_1}{\pi(0.2)} + \frac{+\mu_0 I_2}{\pi(0.1)} \\
 B &= \frac{+0.1\mu_0 I_1 - 0.2\mu_0 I_2}{0.02\pi} \\
 B &= \frac{+0.1\mu_0(10) + 0.2\mu_0(20)}{0.02\pi} \\
 B &= \frac{+1\mu_0 + 4\mu_0}{0.02\pi} \\
 B &= \frac{+5\mu_0}{0.02\pi} = \frac{+5(4\pi \times 10^{-7})}{0.02\pi} \\
 B &= +10 \times 10^{-5} \text{ T มีทิศพุ่งเข้ากระดาน} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

4) ถ้าสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอตั้งรูป

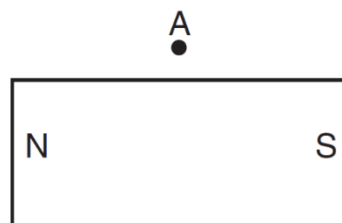


เมื่อนำเข็มทิศมาวางที่จุด P เข็มทิศจะชี้ไปทางใด



ตอบ ตัวเลือก (2) เนื่องจากแม่เหล็กจะวางตัวตามเส้นแรงแม่เหล็ก โดยชี้หัวเข็มทิศไปตามทิศทางของสนาม

5) ถ้าวางเข็มทิศที่จุด A เข็มทิศจะชี้ไปในทิศทางใด

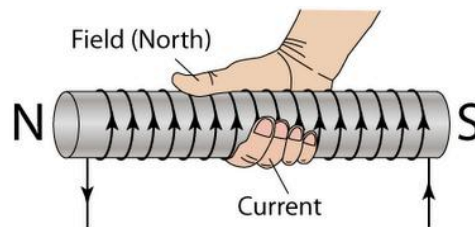


ตอบ เข็มทิศจะวางตัวขนานกับแท่งแม่เหล็ก โดยชี้หัวเข็มทิศไปทางขั้วเหนือ

สนามแม่เหล็กของขดลวดโซลินอยด์

เราทราบกันดีว่า กระแสไฟฟ้าที่ไหลในลวดตัวนำสามารถสร้างสนามแม่เหล็กได้ แล้วถ้าหากเรานำลวดนั้นมาขดเป็นวงซ้ำ ๆ ต่อเนื่องกัน จะเกิดอะไรขึ้น? คำตอบคือ เราจะได้ "ขดลวดโซลินอยด์" ซึ่งเมื่อมีกระแสไหลผ่าน จะสร้างสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กถาวร โดยภายในขดลวดจะเกิด สนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอ และมีทิศทางแน่นอน การศึกษาสนามแม่เหล็กของโซลินอยด์ ช่วยให้เข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าสำคัญ เช่น แม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องตรวจจับโลหะ หรือแม้แต่เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กในเครื่อง MRI ทางทางการแพทย์ ในหัวข้อนี้ เราจะสำรวจว่า โซลินอยด์สร้างสนามแม่เหล็กได้อย่างไร สนามแม่เหล็กนั้นมีทิศทางอย่างไร ขึ้นอยู่กับอะไร และจะคำนวณความเข้มสนามแม่เหล็กภายในโซลินอยด์ได้อย่างไร โดยใช้สูตรพื้นฐานของแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดโซลินอยด์ ขดลวดโซลินอยด์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า ทิศของขั้วแม่เหล็กหาได้จากกฎมือขวา คือให้กำมือโดยให้นิ้วทั้งสี่ตามการไหลของกระแสไฟฟ้านิ้วหัวแม่มือจะชี้ขั้วเหนือของขดลวดโซลินอยด์ดังรูป



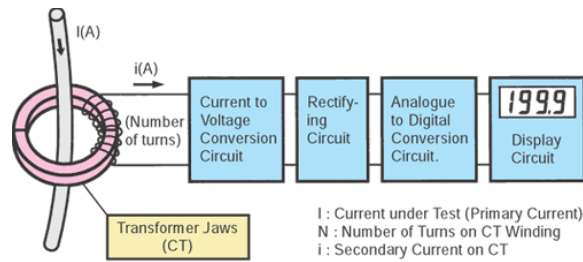
รูป 15.10 การหาขั้วแม่เหล็กที่เกิดจาก โซลินอยด์

การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับการแผ่สนามแม่เหล็กของเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า



รูป 15.11 แคลมป์มิเตอร์

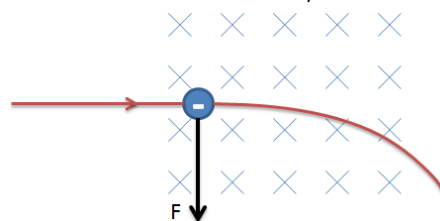
ปัจจุบันได้มีการนำเอาหลักการที่สายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าไหลจะมีสนามแม่เหล็กแผ่ออกมาประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าที่เรียกว่าแคลมป์มิเตอร์ แคลมป์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องทำการหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่ทำการวัด หลักการทำงานของแคลมป์มิเตอร์คือเมื่อใช้แคลมป์มิเตอร์คล้องที่สายไฟ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายไฟจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดของแคลมป์มิเตอร์ จากนั้นจะทำการส่งผ่านสัญญาณที่ได้ไปยังวงจรต่าง ๆ แล้วส่งค่าที่ได้ไปยังหน้าจอแสดงผลดังรูป



รูป 15.12 แผนภาพแสดงหลักการทำงานแคลมป์มิเตอร์

15.1.1 สนามแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กคือปริมาณที่บ่งบอกขนาดของแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

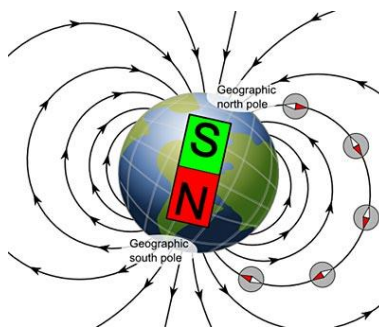


รูป 15.13 ประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะได้รับแรงกระทำจากสนามแม่เหล็ก

15.1.2 สนามแม่เหล็กโลก

โลกของเรานั้นไม่ได้มีเพียงแรงโน้มถ่วงที่คอยรักษาทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเท่านั้น แต่ยังมีสนามแม่เหล็กขนาดใหญ่ที่มองไม่เห็นแผ่ครอบคลุมอยู่รอบโลก ซึ่งเราเรียกกันว่า “สนามแม่เหล็กโลก” สนามแม่เหล็กนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของของเหลวที่เป็นโลหะภายในแกนโลกชั้นนอก ทำให้โลกมีลักษณะเหมือนแม่เหล็กแท่งยักษ์ที่มีขั้วเหนือและขั้วใต้แม่เหล็กไม่ตรงกับขั้วโลกภูมิศาสตร์ สนามแม่เหล็กโลกมีบทบาทสำคัญในการปกป้องสิ่งมีชีวิตจากรังสีและอนุภาคมีพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์ อีกทั้งยังมีประโยชน์ในการนำทาง เช่น การใช้เข็มทิศ ซึ่งอาศัยคุณสมบัติของสนามแม่เหล็กโลกเพื่อระบุทิศทาง การเรียนรู้เรื่องสนามแม่เหล็กโลกจะช่วยให้เราเข้าใจธรรมชาติของโลกมากขึ้น ตลอดจนเห็นความสำคัญของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่มีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์และระบบนิเวศทั่วโลก

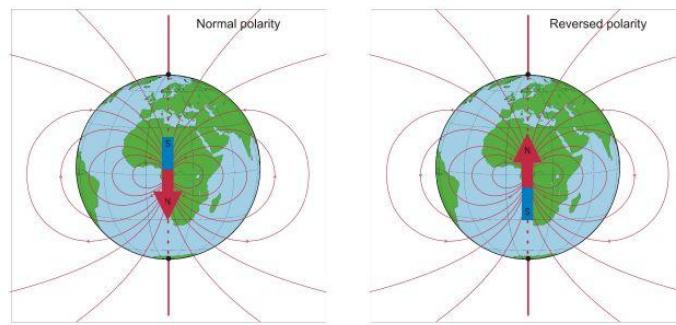
สนามแม่เหล็กของโลกเป็นสนามแม่เหล็ก 2 ขั้วขั้วหนึ่ง ซึ่งขั้วหนึ่งอยู่บริเวณขั้วโลกเหนืออีกขั้วหนึ่งอยู่บริเวณขั้วโลกใต้ เส้นที่เชื่อมระหว่างขั้วทั้งสองด้าน มีความเอียงประมาณ 11.3 องศา กับแกนการหมุนของโลก



รูป 15.14 แหล่งกำเนิด และมุมเอียงของสนามแม่เหล็กโลก

สนามแม่เหล็กโลกเกิดจากโลหะหนักในแมกมาที่หลอมเหลวที่อยู่บริเวณแกนโลก มีการไหลแบบหมุนวน ความเข้มสนามแม่เหล็กโลกที่บริเวณผิวโลกมีค่าประมาณ 30 – 60 ไมโครเทสลา และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อความสูงจากผิวโลกมากขึ้น

เนื่องจากสนามแม่เหล็กโลกเกิดจากกระแสไหลวนในหินหลอมเหลวที่อยู่ภายในโลก สนามแม่เหล็กโลกในอดีตปัจจุบัน และอนาคตจึงมีค่าไม่เท่ากัน และในอดีตสนามแม่เหล็กโลกก็เคยมีการสลับขั้วมาแล้วหลายครั้ง และในอนาคตสนามแม่เหล็กโลกก็จะมี การสลับขั้วอีก แต่ยังไม่มีการทราบบว่าจะเกิดขึ้นเมื่อไร



รูป 15.15 การสลับขั้วสนามแม่เหล็กโลก

หมายเหตุ : มนุษย์ทราบว่าสนามแม่เหล็กโลกเคยมีการสลับขั้วมาแล้ว โดยการศึกษาจากแนวเวียงตัวของสารแม่เหล็กในเนื้อหินโบราณ ในยุคต่างๆ



รูป 15.16 การเวียงตัวของสารแม่เหล็ก ในเนื้อหิน

สนามแม่เหล็กโลกมีความเข้มสนามแม่เหล็กประมาณ 0.5 เกาส์

ประโยชน์ของสนามแม่เหล็กโลก

แม่สนามแม่เหล็กโลกจะเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่ก็มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตบนโลก สนามแม่เหล็กโลกทำหน้าที่เสมือนโล่ธรรมชาติที่ปกป้องโลกจากรังสีอันตรายและอนุภาคมีพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งอาจทำลายชั้นบรรยากาศและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ สนามแม่เหล็กโลกยังมีประโยชน์ในด้านการนำทาง โดยเฉพาะในการใช้เข็มทิศ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่อาศัยทิศทางของสนามแม่เหล็กในการระบุทิศทางเหนือ-ใต้ ทำให้มนุษย์สามารถเดินทางและสำรวจพื้นที่ได้อย่างแม่นยำมาตั้งแต่อดีต การทำความเข้าใจประโยชน์ของสนามแม่เหล็กโลกจึงไม่เพียงเป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเท่านั้น แต่ยังเป็นการตระหนักถึงระบบป้องกันอันตรายพลังที่ธรรมชาติมอบให้แก่โลกของเราอย่างชาญฉลาดและน่าทึ่งอีกด้วย

ถึงแม้ว่ามนุษย์จะไม่สามารถสัมผัสสนามแม่เหล็กโลกได้ แต่สนามแม่เหล็กโลกก็มีประโยชน์หลายอย่าง ดังนี้

1) ทำให้เกิดแม่เหล็กธรรมชาติ



รูป 15.17 แม่เหล็กธรรมชาติ

2) ทำให้เกิดมีการใช้เข็มทิศในการบอกทิศทาง



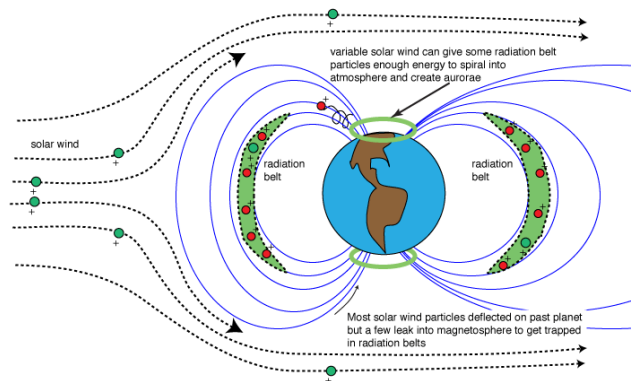
รูป 15.18 เข็มทิศ

3) ทำให้สัตว์บางชนิดเดินทางไปยังที่หมายได้ถูกต้อง เช่น นก เต่า หรือปลาในทะเล ใช้สนามแม่เหล็กโลกในการบอกทิศทาง



รูป 15.19 นกบางชนิดอาศัยบนหิ้งโลกในการบอกทิศทาง

4) สนามแม่เหล็กโลกทำหน้าที่เป็นเกราะกำบังอนุภาคพลังงานสูงที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์



รูป 15.20 สนามแม่เหล็กโลกทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันโลก

สนามแม่เหล็กโลกเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก เช่น ทำให้ทราบทิศทางผ่านเข็มทิศที่เราใช้กันทั่วไป แต่สนามแม่เหล็กโลกมีประโยชน์อีกอย่างที่มีความสำคัญมากคือทำหน้าที่ปกป้องโลกไม่ให้อนุภาคไฟฟ้าพลังงานสูงเข้ามาทำอันตรายสิ่งมีชีวิตบนโลกได้ หากโลกปราศจากสนามแม่เหล็กแล้ว สิ่งมีชีวิตบนโลกรวมทั้งคนคงต้องตายหมดอย่างแน่นอน

5) สนามแม่เหล็กโลกทำให้เกิดแสงเหนือแสงใต้บริเวณขั้วโลก และทำให้นักท่องเที่ยวเดินทางไปเยี่ยมชมเป็นจำนวนมาก



รูป 15.21 แสงเหนือ หรือแสงใต้ที่เกิดขึ้นที่บริเวณขั้วโลก