



แผนการสอน Physics Cyber Lab

เรื่อง ทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารชุดนี้ประกอบด้วย

1. แผนการสอน เรื่องทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
2. ใบความรู้ เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จัดทำโดย

อาจารย์ปราณี ช้างแก้ว

หมวดวิชาฟิสิกส์

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จ.นครปฐม



แผนการสอน Physics Cyber Lab

เรื่อง ทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วิชา ฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลา 2 คาบ (90 นาที)

สาระสำคัญ

ใจความของทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์กล่าวว่าเมื่อสนามแม่เหล็กบริเวณหนึ่งเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้า โดยสนามที่ถูกเหนี่ยวนำจะมีระนาบตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง และในเช่นเดียวกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ในระนาบที่ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง

เฮิร์ตได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวคิดของแมกซ์เวลล์ โดยใช้ขดลวดเหนี่ยวนำทำให้เกิดค่าความต่างศักย์สูงสุดที่ปลายขดลวด ซึ่งมีลูกกลม B โดยมีช่องว่าง แคบ เมื่อความต่างศักย์สูง อากาศจึงแตกตัวเป็นไอออน นำไฟฟ้าได้ ซึ่งจะเป็นประกายไฟออกมา

จากนั้นใช้จานโลหะรูปพาราบอามีรอยผ่าน วางห่างช่องแคบๆ นั้น ปรากฏว่า เมื่อให้เกิดค่าความต่างศักย์สูงสุดที่ปลายขดลวด และเกิดประกายไฟ เครื่องรับที่เป็นวงแหวนก็เกิดประกายไฟด้วย ซึ่งผลการทดลองได้สนับสนุน ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวคิดของแมกซ์เวลล์

ตามความคิดของแมกซ์เวลล์ซึ่งกล่าวว่า การเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้านั้นจะเกิดขึ้นได้เสมอโดยไม่ต้อง มีตัวนำไฟฟ้าอยู่ด้วย นั่นหมายถึง ณ ที่ว่างรอบๆ ก็สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นได้

เมื่อสนามไฟฟ้าในที่ว่างใดๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลา จะเหนี่ยวนำให้ สนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ไปในขณะเดียวกันด้วย และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงก็เหนี่ยวนำให้เกิดการสนามไฟฟ้าอีกต่อเนื่องกันไป การเกิดต่อเนื่องกันนี้ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น

เมื่ออิเล็กทรอนิกส์ในสายอากาศเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกอย่างง่ายจะทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกจากสายอากาศ ระนาบของสนามไฟฟ้าจะตั้งฉากกับ สนามแม่เหล็ก

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง เพราะมีสมบัติการโพลาไรซ์เซชัน(Polarization) ทิศของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทุกทิศทุกทาง (3 มิติ) ยกเว้นในแนวเส้นตรงเดียวกับสายอากาศ

คลื่นไฟฟ้าที่มีความถี่ต่อเนื่องเป็นช่วงกว้าง ความถี่ต่างๆ เหล่านี้ เรียกรวมกันว่า สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่เดียวกันมีชื่อเรียกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด



จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการรับ-ส่ง คลื่นวิทยุได้
2. บอกได้ว่า คลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3. บอกรายละเอียดของทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์
4. อธิบายการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
5. อธิบายการทดลองของเฮิร์ตซ์เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ได้

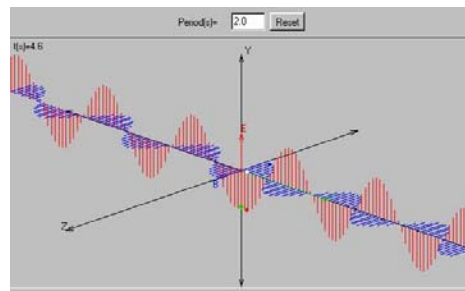
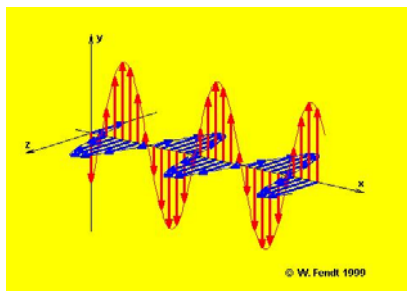
กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. แลกเปลี่ยนประสบการณ์

- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นวิทยุ การรับ การส่ง คลื่นวิทยุ
- ให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลจาก Internet เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยจับคู่ 2 คน ต่อ 1 เรื่อง และนำมาเล่าสู่กันฟัง (มอบหมายงานก่อนถึงคาบเรียน 2 สัปดาห์)

2. นำเสนอความรู้

- ครูอธิบายทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ และการทดลองของเฮิร์ตซ์เพื่อ พิสูจน์ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า
- ครูทบทวนเกี่ยวกับหลักการการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ตามกฎของฟาราเดย์
- นักเรียนศึกษาจากใบความรู้ เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ครูแจก
- ครูอธิบายการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดย ให้นักเรียนดู ภาพเคลื่อนไหว เรื่องการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



- ครูอธิบายเกี่ยวกับการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ
- ครูอธิบาย เกี่ยวกับสเปกตรัมของคลื่นไฟฟ้า
- ครูยกตัวอย่าง ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่น่าสนใจให้นักเรียนฟัง



3. สร้างองค์ความรู้

- นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้ที่ครูแจก และช่วยกันวิเคราะห์เกี่ยวกับการทดลองของเฮิร์ต และร่วมอภิปราย
- นักเรียนเขียนสรุปเกี่ยวกับการเกิด และแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยปากเปล่า

4. การประยุกต์ใช้หรือลงมือปฏิบัติ

- ให้นักเรียนอธิบาย และวิเคราะห์ถึง ลักษณะการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจาก ภาพเคลื่อนไหวที่ครูนำมาแสดงให้ดู

สื่อและอุปกรณ์

1. แผ่น CD สื่อ Physics Cyber Lab และ CD ภาพเคลื่อนไหวที่นำมาจาก Web site
2. คอมพิวเตอร์
3. LCD projector
4. ใบความรู้เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การวัดผลประเมินผล

1. สังเกตจากการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นระหว่างเรียน
2. จากการเขียน Mine Mapping



คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวันที่เรารู้จักมีมากมาย เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ ผู้ที่เสนอแนวคิดเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคือ Jame Clerk Maxwell ซึ่งได้อธิบายในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเป็นผู้สรุปว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งในการวิเคราะห์ของ Maxwell เขาได้พบ หลักการพื้นฐานทั้งหมดเกี่ยวกับ สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าและสรุปรวมเป็น สมการของแมกซ์เวลล์ (Maxwell's equation) ดังต่อไปนี้

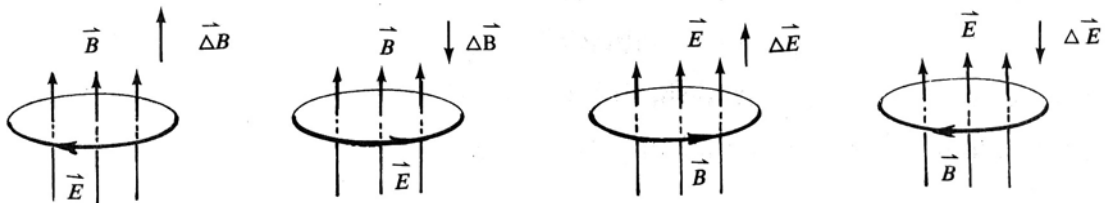
$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_b}{dt}$$

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0(i + \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt})$$

ทฤษฎี เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกเวลล์ อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าได้ว่า เมื่อสนามแม่เหล็กในบริเวณหนึ่งเปลี่ยนแปลง ΔB จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้า E โดยสนามไฟฟ้าที่ถูกเหนี่ยวนำจะมีระนาบตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง และเช่นเดียวกัน สนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง ΔE จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก B ในระนาบตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง



ในปี ค.ศ. 1887 Heinrich Rudolf Hertz ได้ประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อตรวจสอบแนวคิดของ แมกซ์เวลล์ เขาใช้การเกิดประกายไฟ(spark) ในช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้า ที่มีความต่างศักย์สูงเป็นเครื่องผลิตคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกายไฟที่เกิดขึ้นในช่องว่าง จะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของประจุไฟฟ้าในช่องว่างดังกล่าว และเพื่อยืนยันการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เขาใช้ลวดอีกเส้นหนึ่งโค้งเป็นวงกลม และทำให้มีช่องว่างระหว่างปลายลวดจากนั้นนำลวดอันที่สองมาอยู่ใกล้ช่องประกายไฟ ปรากฏว่า มีประกายไฟเกิดขึ้นระหว่างช่องว่างที่ 2 ด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากช่องแรกแผ่มาทำให้เกิดประกายไฟในช่องที่ 2 ด้วย ซึ่งทำหน้าที่เหมือนสายอากาศตรวจสอบ ต่อมาเขา ได้ทดลองจนพบว่า คลื่นที่เกิดขึ้นสามารถสะท้อนได้เช่นเดียวกับแสง



ต่อมาได้มีการสำรวจพบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่างมากมาย ความถี่ต่างที่ได้นี้เรียกว่า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum)

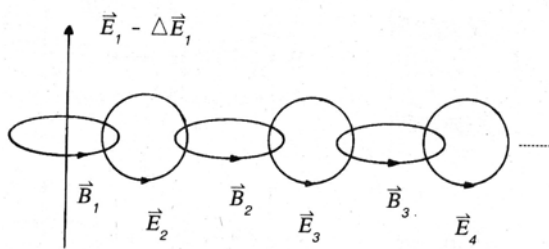
การแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สมการของแมกเวลล์ชี้ให้เห็นว่า เมื่อใดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีความเปลี่ยนแปลงตามเวลา สนามทั้งสองจะมีอิทธิพลต่อกัน เรียกว่าจะเกิดคู่ควบกันขึ้น การเกิดคู่ควบกันของสนามทั้งสองนี้ทำให้สามารถถ่ายโอนพลังงาน และโมเมนตัมออกไปในระยะไกลๆ เรียกการแผ่ออกไปนี้ว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคลื่นต่างๆนี้ก็แผ่กระจายอยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวันของเรา เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ คลื่น ไมโครเวฟ แสงสว่าง รังสีอัลตราไวโอเล็ต และรังสีเอกซ์ เป็นต้น

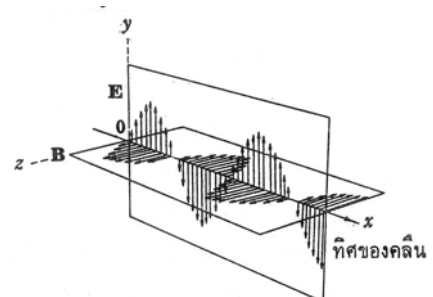
คำถามที่น่าสนใจคือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกไปได้อย่างไร?

เมื่อมีกระแส I ในตัวนำเส้นตรง จะมี สนามแม่เหล็ก \vec{B}_1 เกิดขึ้น รอบตัวนำ(ตามกฎของแอมแปร์) ดังนั้น เมื่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง สนามแม่เหล็ก \vec{B}_1 ก็เปลี่ยนแปลงตามกระแสไปด้วย การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก \vec{B}_1 จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าเหนี่ยวนำ \vec{E}_2 (ตามกฎของฟาราเดย์) ในวงปิดบนระนาบที่ตั้งฉากกับ สนามแม่เหล็ก \vec{B}_1 และสนามเหนี่ยวนำบนวงปิดนี้ จะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็ก \vec{B}_2 แผ่ออกไป การเหนี่ยวนำนี้จะเกิดต่อเนื่องไปเรื่อยๆ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ออกห่างจากสายตัวนำตามแนวรัศมี

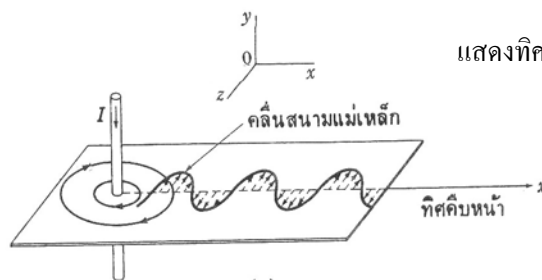
ขอให้สังเกตว่า ประจุทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า(คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า)เคลื่อนที่ ออกไปนั้น ประจุต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และถ้าประจุเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกไปก็เป็นแบบฮาร์มอนิกด้วย



ลักษณะการเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น



แสดงทิศการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



ลักษณะการแผ่ของสนามแม่เหล็กจากสายอากาศ