



เอกสารประกอบการเรียนรู้ โดย นายจิรวัฒน์ จวนทองรักษ์ รายวิชา ฟิสิกส์ 6 เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

ในธรรมชาติคลื่นที่เราพบเห็นมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ขึ้นอยู่กับตัวกลางและแหล่งกำเนิด เช่น คลื่นเชือกเกิดจากการสั่นขึ้นลงที่ปลายเชือกทำให้เกิดคลื่นขึ้นในเส้นเชือกคลื่นน้ำเกิดจากการรบกวนที่ผิวน้ำ ทำให้ผิวน้ำกระเพื่อมขึ้นลงแผ่ออกไปและคลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุในอากาศทำให้อากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงความดันจึงเกิดเป็นเสียงขึ้น นอกจากนี้ในธรรมชาติยังมีคลื่นอีกชนิดหนึ่งที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ได้แก่คลื่นแสง คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น เราต้องการทราบว่าคลื่นดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร? และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างไรโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

ผลจากสมการของแมกซ์เวลล์

จากการศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสและแม่เหล็กไฟฟ้ามาแล้ว เราพอที่จะสรุปหลักฐานที่สำคัญได้ดังนี้คือ

1. เมื่อมีประจุอิสระจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้ารอบๆ ประจุอิสระ โดยความเข้มสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใดๆ จะแปรผันตามส่วนกลับของระยะทางกำลังสองจากประจุไฟฟ้านั้นซึ่งเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์
2. เมื่อประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในตัวไฟฟ้าข้อมมิสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบๆ ตัวนำโดยทิศทางของสนามแม่เหล็กจะวนรอบตัวนำและตั้งฉากกับทิศของกระแสซึ่งเออร์สเทดเป็นผู้พบปรากฏการณ์นี้
3. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ข้อมมีการเหนี่ยวนำทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ซึ่งผู้ค้นพบปรากฏการณ์นี้คือ ฟาราเดย์ แสดงว่าได้มีการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าในตัวนำ

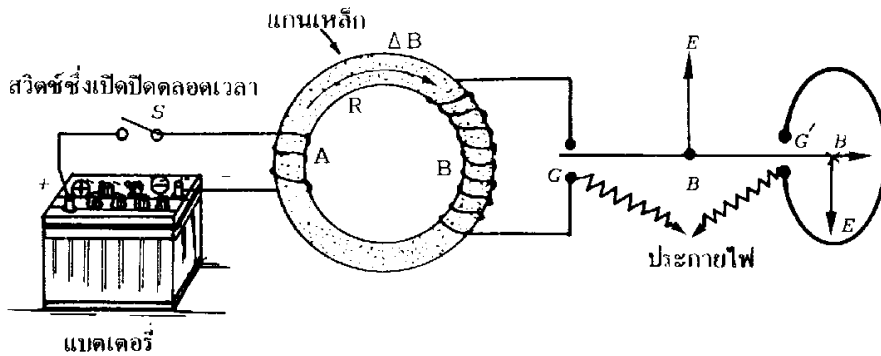
จากหลักการทั้งสามข้างต้น ซึ่งได้มีการยืนยันจากการทดลอง แมกซ์เวลล์ได้รวบรวมให้อยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ชั้นสูงและจากการวิเคราะห์ผลทางคณิตศาสตร์ทำให้สามารถขยายความคิดของหลักฐานออกกว้างขึ้นโดยในปี ค.ศ. 1864 แมกซ์เวลล์ได้เสนอเป็นสมมติฐานออกมา (ในขณะนั้นยังไม่มีใครทดลองได้) ว่า " ถ้าบริเวณใดมีการเปลี่ยนแปลงจะมีการเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ไม่ว่าบริเวณนั้นจะเป็นฉนวนหรือที่ว่างเปล่าหรือสุญญากาศ" นอกจากนี้เขายังขยายผลของการทดลองของฟาราเดย์ให้กว้างขึ้นคือจากการทดลองของฟาราเดย์ เขาพบเพียงแต่ว่า ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กจะสามารถทำให้เกิดสนามไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในตัวนำ ซึ่งวางอยู่ใกล้ๆ บริเวณนั้น แต่จากผลทางคณิตศาสตร์ของแมกเวลล์สามารถขยายไปว่าสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นรอบๆ ไม่ว่าบริเวณนั้น จะเป็นตัวนำ ฉนวนหรือที่ว่างเปล่า และทิศทางของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ถูกเหนี่ยวนำ

สรุปจากสมการของแมกซ์เวลล์ จะได้

1. ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก (ΔB) จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (E) รอบๆ การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กนั้น
2. ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า (ΔE) จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (B) รอบๆ การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้านั้น

การทดลองของเฮิร์ตซ์

หลังจากที่แมกซ์เวลล์ได้ทำนายการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กอย่างต่อเนื่อง ประมาณ 20 ปีต่อมาจึงได้มีการทดลองยืนยัน ซึ่งทดลองโดย เฮิร์ตซ์ (Hertz) โดยเครื่องมือของเขามีลักษณะดังในรูป



รูปแสดงเครื่องมือทดลองการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเฮิร์ตซ์

เครื่องมือที่ใช้ทดลองประกอบด้วยแบตเตอรี่ วงจรแหวนโลหะ และลวดวงกลมต่อกันดังรูปโดยจัดให้จำนวนรอบของเส้นลวดที่พันวงแหวนโลหะทางด้าน A น้อยกว่าด้าน B มากๆ

เมื่อทำการเปิด - ปิดสวิตช์อยู่ตลอดเวลา ทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามจังหวะของการเปิด - ปิดสวิตช์ เป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่ขดลวด A และ B ต่อกันด้วยแกนเหล็ก R จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่ A ส่งไปยังขดลวด B ขดลวด B ก็จะได้รับ การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กเช่นกัน จากการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่ขดลวด B ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้าขึ้นในเส้นลวด B และเนื่องจากจำนวนขดลวดที่ B มากกว่าจำนวนขดลวดที่ A มากทำให้ที่ช่องแคบ G เกิดความต่างศักย์สูง โมเลกุลอากาศที่อยู่ระหว่างช่องแคบเกิดการแตกตัวเป็นไอออน จึงเกิดการสปาร์กเป็นประกายไฟขึ้น

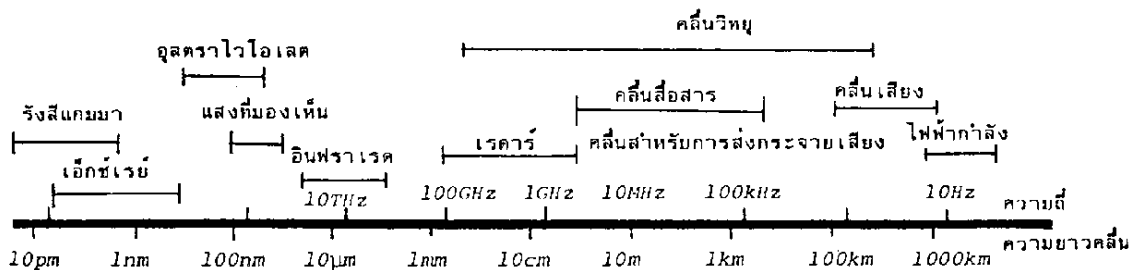
และเนื่องจากไอออนที่ช่องแคบ G เกิดการเคลื่อนที่ไปกลับตามจังหวะของการเปิดปิดสวิตช์จึงทำให้มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปทุกทิศทาง และเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบ G' ของลวดวงกลม ทำให้ที่ช่องแคบ G' เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น โมเลกุลอากาศเกิดการแตกตัวเป็นไอออนจึงเกิดการสปาร์กทำให้เห็นประกายไฟขึ้นเช่นกัน

จากการทดลองจึงสรุปได้ว่า

1. การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าแสดงว่าประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วไม่คงที่ ทำให้มีการปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ดังรูปคลื่นเคลื่อนที่จาก G ไป G'
2. เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน G' ทำให้ที่ช่องแคบ G' เกิดประกายไฟฟ้าแสดงว่ามีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้น นั่นคือบริเวณใดมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า บริเวณนั้นต้องมีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่ใช่เป็นคลื่นของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเพียงอย่างเดียวเท่านั้น คลื่นวิทยุ, คลื่นแสง, คลื่นรังสีเอกซ์ และคลื่นรังสีแกมมาก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกันซึ่งมีความยาวคลื่นและความถี่ต่างกัน ดังแสดงไว้ดังรูป



รูปแสดงชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นคลื่นที่มีความถี่ตั้งแต่หลายสิบกิโลเฮิรตซ์ จนกระทั่งถึงรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาที่มีความถี่สูงมากๆ เมื่อความถี่เปลี่ยนไปคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นๆก็ย่อมเปลี่ยนแปลงไปด้วยแต่ก็ยังมีคุณสมบัติร่วมกันอยู่คือมีอัตราเร็วเท่ากับ 3×10^8 เมตร/วินาที

1. คลื่นวิทยุ

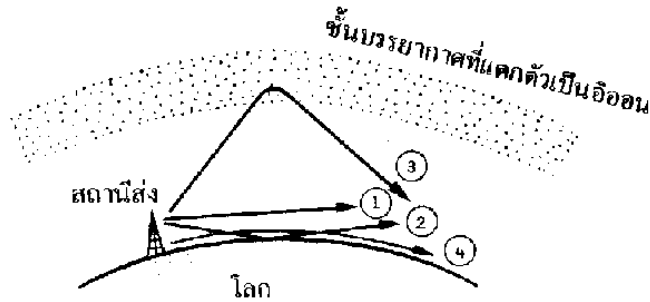
คลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง $10^4 - 10^5$ เฮิรตซ์ คลื่นวิทยุแต่ละชนิดจะแบ่งไปตามความถี่ของมัน ซึ่งแต่ละช่วงความถี่จะมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดและชื่อเรียกของคลื่นวิทยุ

ชื่อเรียกทั่วไป	ชื่อย่อตามช่วงความถี่	ช่วงความถี่	ขนาดคลื่น	การใช้งาน
คลื่นยาว		3 kHz	100 km	สื่อสารทางทะเล
	VLF	3-30 kHz	100-1 km	
	LF	30-300 kHz	10-1 km	
คลื่นกลาง	MF	300-3000 kHz	1000-100 m	การส่งกระจายเสียงภาค AM
คลื่นสั้น	HF	3-30 MHz	100-10 m	คลื่นสั้น, สื่อสารระหว่างประเทศ
คลื่นสั้นมาก	VHF	30-300 MHz	10-1 m	ประเทศ
คลื่นไมโครเวฟ	UHF	300-3000 MHz	100-10 cm	คลื่นโทรทัศน์และวิทยุภาค FM
	SHF	3000-30000 MHz	10-1 cm	
คลื่นมิลิเวฟ	EHF	30000-300000 MHz	10-1 cm	คลื่นโทรทัศน์และไมโครเวฟ
คลื่นซับมิลิเวฟ		3-30 GHz	1-0.1 mm	สื่อสารไมโครเวฟ เวการ์
		30-300 GHz		
		300-3000 GHz		เรดาร์

การกระจายคลื่นวิทยุ

เสาอากาศจะทำหน้าที่เป็นแหล่งกระจายคลื่นวิทยุ ให้กระจายออกไปในบรรยากาศ หลักการกระจายคลื่นวิทยุขึ้นขึ้นอยู่กับความถี่ และระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่น (สถานีขนส่ง) จนถึงแหล่งรับคลื่น (สถานีรับ) ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 วิธีการกระจายคลื่นวิทยุแบบต่างๆ

ตารางที่ 2 วิธีการกระจายคลื่นดังรูปที่ 15

วิธีการกระจาย	หมายเหตุ	ชนิดคลื่น	ตัวอย่าง
1. คลื่นส่งโดยตรง	กระจายออกโดยตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง	คลื่นทั่วไป	คลื่นโทรทัศน์และคลื่นสื่อสาร
2. คลื่นสะท้อนพื้นโลก	อาศัยการสะท้อนของพื้นโลก		ไมโครเวฟ(FM)
3. คลื่นเหนือบรรยากาศ	สะท้อนกับชั้นบรรยากาศที่แตกตัวเป็นไอออน	คลื่นสั้น, คลื่นกลาง	วิทยุสมัครเล่น
4. คลื่นเหนือระดับพื้นโลก	กระจายขนานกับพื้นโลก	คลื่นยาว	ระหว่างประเทศระยะไกลๆ (AM)
		คลื่นกลาง, คลื่นยาว	การส่งกระจายเสียงวิทยุ

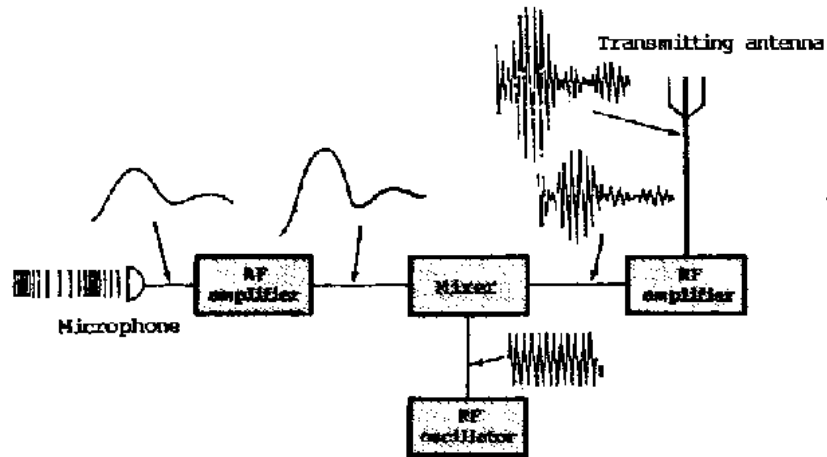
ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุหรือโทรทัศน์ลงไปในคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเราเรียกขบวนการนี้ว่าการ **มอดูเลตหรือมอดูเลชัน (Modulation)** เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ถึงปลายทางแล้วจะถูกแยกเอาสัญญาณที่ต้องการออกมาขบวนการแยกสัญญาณคลื่นนี้เรียกว่าการ **ดีมอดูเลต หรือ ดีมอดูเลชัน**

ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุโดยการใส่คลื่นเสียงลงไปในคลื่นพาหะที่เรียกว่ามอดูเลชันนี้ที่นิยมกันมีอยู่ 2 วิธี คือ แอมพลิจูดมอดูเลชันเขียนย่อๆ ว่า AM (Amplitude Modulation) และความถี่มอดูเลชันเขียนย่อๆ ว่า FM (Frequency Modulation)

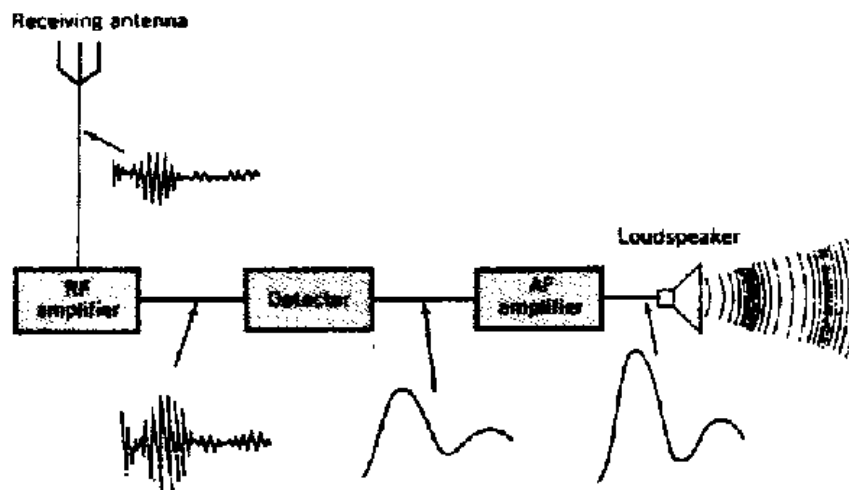
โดยปกติคลื่นพาหะที่ถูกส่งออกไปเมื่อยังไม่มีสัญญาณจะมีความถี่เท่ากับความถี่ของคลื่นวิทยุ และมีแอมพลิจูดคงที่ แต่พอมีสัญญาณเสียงดัง ค่อยส่งออกมา ดังรูปที่ 16 (a) ได้แก่เสียงที่ออกมาจากไมโครโฟน การส่งคลื่นวิทยุ AMจะมีเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ (ในรูปคือ Mixer) ทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาหะ

เปลี่ยนไปตามจังหวะความดังของสัญญาณเสียงดังรูปที่ 16 (a) คือคลื่นที่ออกจาก Mixer หลังจากนั้นก็ถูกส่งออก
จากเสาอากาศไปยังเครื่องรับต่างๆจะสังเกตเห็นได้ว่าการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบ AM นั้นความถี่จะมีค่าคงที่
แต่แอมพลิจูดจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

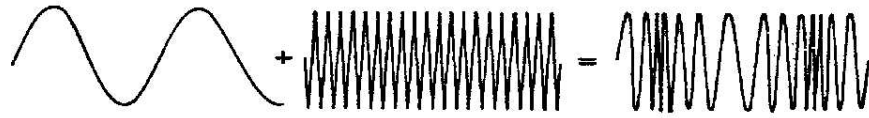
สำหรับการส่งคลื่นวิทยุแบบ FM จะพบว่าเราส่งสัญญาณคลื่นในแบบที่ทำให้คลื่นพาหะ มี
ความถี่เปลี่ยนแปลงไปตามจังหวะของเสียงที่ส่งออกมา ดังนั้นจึงมีความถี่สูงและต่ำสลับกันแต่แอมพลิจูดของ
คลื่นคงที่ ดังรูป



(a) การส่งคลื่นวิทยุแบบ AM โดยมีความถี่คงที่แต่แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง



(b) การรับคลื่นวิทยุ AM ซึ่งมีความถี่คงที่แต่แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง
รูปแสดงการส่งและรับสัญญาณคลื่นวิทยุแบบ AM



รูปแสดง คลื่นวิทยุแบบ FM เป็นคลื่นที่มีแอมพลิจูดคงที่แต่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง

2. รั้งสีอินฟราเรด

เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นประมาณ 10^{-3} - 10^{-6} เมตร หรือความถี่ประมาณ 10^{11} - 10^{14} วัตต์ที่ร้อนจะแผ่รั้งสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 10^{-4} เมตรออกมา ดังนั้นประสาทสัมผัสทางผิวหนังของมนุษย์จึงสามารถรับรั้งสีอินฟราเรดได้ โดยปกติสิ่งมีชีวิตจะแผ่รั้งสีอินฟราเรดออกมาตลอดเวลา สำหรับคุณสมบัติของรั้งสีอินฟราเรดนี้ สามารถทะลุผ่านเมฆหมอกที่มีความหนาแน่นเกินกว่าที่แสงธรรมดาคจะผ่านได้และยังสามารถใช้รั้งสีนี้ในการถ่ายภาพกับฟิล์มบางชนิดได้ด้วย ดังนั้นการถ่ายภาพจากดาวเทียมจึงใช้รั้งสีอินฟราเรด นอกจากนี้ยังใช้รั้งสีอินฟราเรดมาสร้างอุปกรณ์ที่เรียกว่า รีโมทคอนโทรล เป็นตัวนำคำสั่งจาก รีโมท คอนโทรลไปยังเครื่องรับ เป็นต้น

3. แสง

เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ประมาณ 10^4 Hz หรือมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 4×10^{-7} ถึง 7×10^{-7} เมตร สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทตา เมื่อวัตถุได้รับความร้อนอุณหภูมิสูงจะเปล่งออกมาได้ เช่น แสงจากหลอดไฟฟ้า เป็นต้น แสงที่ประสาทตาสามารถรับรู้ได้คือแสงสีม่วง คราม, น้ำเงิน, เขียว, เหลือง, แสด, แดง เมื่อแสงทั้งเจ็ดสีรวมกันจะเห็นเป็นสีขาวเปลวไฟสีแดงจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าเปลวไฟสีม่วง ในบางครั้งแสงอาจเกิดได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อน เช่น แสงจากจอโทรทัศน์ แสงจากจอโทรทัศน์ แสงจากหลอดเรืองแสง หรือแสงจากหิ่งห้อย ก็ได้

การที่เราไม่ใช้แสงเป็นคลื่นพาหะในการส่งคลื่นวิทยุ เพราะแสงจากวัตถุที่ร้อนจะให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาหลายความยาวคลื่น แต่ในปัจจุบันเราสามารถสร้างเครื่องกำเนิดแสงเรเซอร์เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณเสียงและภาพได้ซึ่งนับว่ามีประโยชน์มากในวงการแพทย์

4. รั้งสีอัลตราไวโอเลต

เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่าแสง โดยมีความถี่อยู่ในช่วง 10^{15} ถึง 10^{18} Hz ส่วนใหญ่เกิดจากการแผ่รั้งสีของดวงอาทิตย์และรั้งสีนี้เป็นตัวการทำให้เกิดประจุอิสระและไอออนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์เพราะรั้งสีอัลตราไวโอเลตมีพลังงานพอเหมาะที่จะไปชนให้อิเล็กตรอนหลุดจากอะตอมของโมเลกุลของอากาศ รั้งสีอัลตราไวโอเลตเคลื่อนที่ทะลุผ่านสิ่งกีดขวางต่างๆ ได้ แต่สามารถทำให้เชื้อโรคบางชนิดตายได้ ในวงการแพทย์จึงใช้รั้งสีอัลตราไวโอเลตรักษาโรคเกี่ยวกับผิวหนัง รั้งสีอัลตราไวโอเลตมากอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังและตาคนได้ แต่เนื่องจากบรรยากาศรอบๆ โลกดูดกลืนรั้งสีอัลตราไวโอเลตไป

บางส่วนและทำให้แสงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลก มีรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณที่ปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตเราสามารถทำให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้โดยผ่านกระแสไฟฟ้าไปในหลอดที่บรรจุไอปรอทไว้ไอปรอทจะรับพลังงานจากอิเล็กตรอนของกระแสไฟฟ้า แล้วปลดปล่อยรังสีอัลตราไวโอเล็ตออกมาพร้อมกับรังสีสีม่วงจางๆ รังสีอัลตราไวโอเล็ตทะลุผ่านแก้วได้บ้างเล็กน้อย แต่ผ่านควอตซ์ได้คิตั้งนั้นหลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตจึงทำด้วยควอตซ์ ในหลอดเรืองแสงจะมีไอปรอทบรรจุอยู่ภายในเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านจะทำให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต แต่สิ่งที่ต้องการคือ แสงขาวจึงฉาบสารเรืองแสงไว้ที่ผิวในของหลอด เมื่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตกระทบก็ถ่ายพลังงานให้สารเรืองแสง และสารเรืองแสงนี้จะแผ่แสงสว่างออกมาอีกทอดหนึ่ง ส่วนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะถูกแก้วขวางไว้ไม่ให้ออกมานอกหลอด นอกจากการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้ายังทำให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต ความเข้มสูง ในปริมาณซึ่งเป็นอันตรายต่อนัยน์ตา จึงจำเป็นต้องสวมแว่นกันโดยเฉพาะ

5. รังสีเอกซ์

เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง 10^{16} - 10^{22} เฮิร์ตซ์หรือความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 10^{-8} - 10^{13} เมตรมักเรียกรวมกันว่า รังสีเอกซ์การผลิตรังสีเอกซ์วิธีหนึ่งใช้หลักการเปลี่ยนความเร็วของอิเล็กตรอน ส่วนวิธีอื่นๆจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

รังสีเอกซ์สามารถเคลื่อนที่ทะลุผ่านสิ่งกีดขวางหนาๆได้ ดังนั้นในทางอุตสาหกรรมจึงใช้รังสีเอกซ์ตรวจหารอยร้าวภายในชิ้นส่วนโลหะขนาดใหญ่ เจ้าหน้าที่ด้านตรวจใช้รังสีเอกซ์ตรวจหาอาวุธปืนหรือระเบิดในกระเป๋าเดินทางโดยไม่ต้องเปิดกระเป๋า ทั้งนี้โดยอาศัยหลักที่ว่ารังสีเอกซ์จะถูกกั้นโดยอะตอมของธาตุหนักได้ดีกว่าธาตุเบา แพทย์ใช้รังสีเอกซ์ฉายผ่านร่างกายมนุษย์ไปตกบนฟิล์ม เพื่อตรวจดูลักษณะผิดปกติของอวัยวะภายในและกระดูก เมื่อให้รังสีเอกซ์ที่มีความยาวประมาณ 10^{-10} เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดของอะตอมและระยะห่างระหว่างอะตอมของผลึก ผ่านก้อนผลึก อะตอมที่จัดเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบในก้อนผลึกจะทำรังสีเอกซ์เลี้ยวเบนอย่างมีระเบียบเช่นเดียวกับเมื่อผ่านเกรตติง เมื่อศึกษาลักษณะการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ก็จะสามารถคำนวณหาระยะห่างระหว่างอะตอมและวิธีการจัดเรียงตัวของอะตอมทำให้ทราบโครงสร้างของผลึกแต่ละชนิดได้

6. รังสีแกมมา

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่ารังสีเอกซ์ แต่เดิมคำว่ารังสีแกมมาใช้เรียกชื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงที่เกิดจากการสลายตัวของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี แต่ในปัจจุบันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่ารังสีเอกซ์ทั่วไปแล้วจะเรียกว่ารังสีแกมมาทั้งนั้น รังสีแกมมาที่มีได้เกิดจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี เช่น รังสีคอสมิกซึ่งมาจากนอกโลกเป็นรังสีแกมมา หรือการแผ่รังสีของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่ถูกเร่งในเครื่องเร่งอนุภาคทำให้เกิดรังสีแกมมาได้เช่นกัน