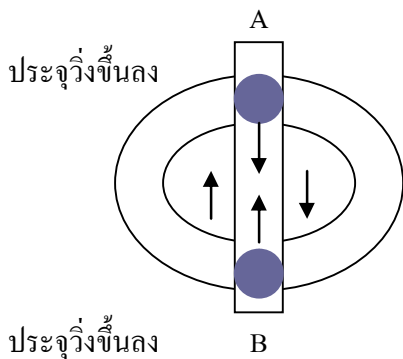


บทที่ 16 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

16.1 ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์และการทดลองของเฮิร์ตซ์

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าตลอดเวลาเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กพอเกิดสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าเกิดต่อเนื่องกันตลอดเวลาและสนามแม่เหล็กกับสนามไฟฟ้าตั้งฉากกันตลอดเวลาหาทิศของความเร็วโดยใช้กฎมือขวา และเกิดคลื่นแม่เหล็กในทุกที่ไม่ว่าจะเป็นที่ว่างตัวนำหรือฉนวน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดจะมีความเร็วเท่ากัน คือเท่ากับ 3×10^8 m/s แต่ความถี่ไม่เท่ากัน

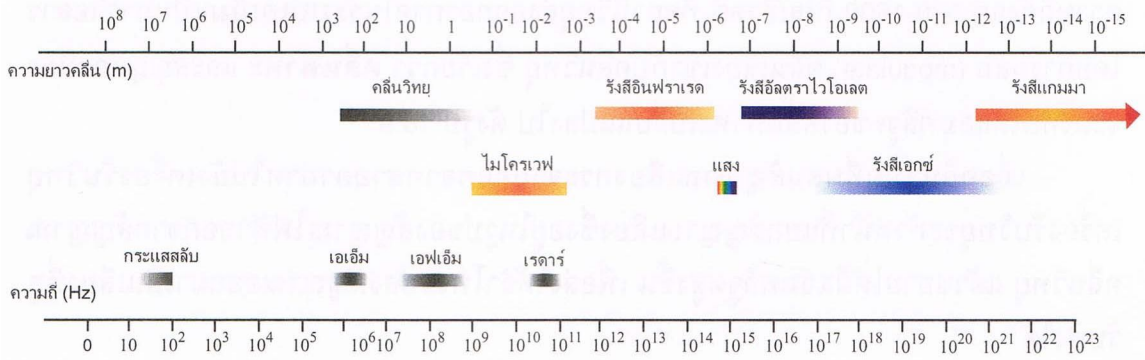
16.2 การแผ่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ



เมื่อประจุเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความเร่งหรือความหน่วง จะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาทุกทิศทาง ยกเว้นเหนือเสาอากาศที่จุด A และ B

16.3 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ แถบแสดงความถี่ หรือความยาวคลื่นต่าง ๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียงตามลำดับความถี่ เรียงจากความถี่น้อยที่สุดถึงความถี่มากที่สุด



รูป 18.1 ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นคลื่นที่มีความถี่ตั้งแต่หลายสิบกิโลเฮิร์ตซ์ จนกระทั่งถึงรังสีเอ็กซ์หรือรังสีแกมมาที่มีความถี่สูงมากๆ เมื่อความถี่เปลี่ยนไปคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นๆ ก็ย่อมเปลี่ยนแปลงไปด้วยแต่ก็ยังมีคุณสมบัติร่วมกันอยู่คือมีอัตราเร็วเท่ากับ 3×10^8 เมตร/วินาที

16.3.1 คลื่นวิทยุ

1. ช่วงความถี่อยู่ในช่วง $10^6 - 10^9$ เฮิร์ตซ์
2. คลื่นวิทยุความถี่ตั้งแต่ 530 – 1600 กิโลเฮิร์ตซ์ สถานีวิทยุจะส่งออกอากาศในระบบ A.M.
3. ช่วงความถี่ที่ต่ำกว่าช่วง 530 – 1600 กิโลเฮิร์ตซ์ เรียกว่าคลื่นยาว ความถี่ที่สูงกว่านี้เรียกว่าคลื่นสั้น

4. ช่วงความถี่จาก 88 – 108 เมกะเฮิร์ตซ์ เป็นการส่งคลื่นแบบ F.M.
5. สัญญาณคลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสถานีส่งไปถึงเครื่องรับมี 2 ชนิด คือ
 - 5.1 คลื่นพื้นดิน หมายถึง คลื่นวิทยุที่ส่งจากสถานีส่งไปถึงเครื่องรับวิทยุโดยตรงมีทั้งระบบ A.M. และ F.M.
 - 5.2 คลื่นฟ้า หมายถึง คลื่นวิทยุที่ส่งขึ้นไปสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ แล้วกลับมาถึงเครื่องรับวิทยุ (มีในระบบ A.M. ส่วนระบบ F.M. ไม่มีเพราะคลื่น F.M. ทะลุผ่านบรรยากาศชั้นนี้ได้)
6. คลื่นวิทยุสามารถผลิตขึ้นได้ โดยอาศัยวงจรวิทยุของหลอดสูญญากาศหรือวงจรทรานซิสเตอร์
7. ไม่สามารถทะลุผ่านโลหะ หรือสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ แต่สามารถอ้อมผ่านสิ่งกีดขวางที่มีขนาดเล็กใกล้เคียงกับความยาวคลื่นได้
8. สามารถสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้

16.3.2 คลื่นโทรทัศน์

1. มีความถี่ประมาณ 10^8 เฮิร์ตซ์
2. การส่งโทรทัศน์ต้องใช้คลื่นส่งถ่ายโทรทัศน์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนภาพให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ในอัตรา $\frac{1}{25}$ วินาที ใช้คลื่นวิทยุที่มีความถี่สูง เช่น สถานีโทรทัศน์ช่อง 9 อ.ส.ม.ท. ใช้ความถี่ในช่วง 202 ถึง 209 เมกะเฮิร์ตซ์
 3. ภาพส่งออกไปในระบบเอเอ็ม (A.M.) ส่วนเสียงส่งออกไปในระบบเอฟเอ็ม (F.M.)
 4. หลอดส่งภาพทำหน้าที่สร้างสัญญาณไฟฟ้าของภาพ มีส่วนประกอบสำคัญคือ แผ่นรับภาพ แผ่นรับสัญญาณ ปืนอิเล็กตรอน วงแหวนโลหะ
 5. เครื่องรับโทรทัศน์ รับคลื่นโทรทัศน์จากเครื่องส่งแล้วจะแยกสัญญาณไฟฟ้าของภาพส่งไปยังหลอดภาพ เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพได้ในอัตราภาพละ $\frac{1}{50}$ วินาที
 6. เครื่องรับโทรทัศน์ระบบ 625 เส้น เป็นระบบสากล
 7. เครื่องรับวิทยุโทรทัศน์ ระบบจะมีหลอดภาพซึ่งภายในมีเครื่องกำเนิดอิเล็กตรอนจะถูกยิงออกไปบนจอภาพ ตามสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับ สำหรับโทรทัศน์สีจะมีแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน 3 ชุด ใช้ควบคุมความเข้มสัญญาณ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว

16.3.3 คลื่นไมโครเวฟ

1. ช่วงความถี่อยู่ในช่วง $10^9 - 3 \times 10^{11}$ เฮิร์ตซ์
 2. ใช้ในการสื่อสาร เช่น ดาวเทียม โทรศัพท์มือถือ
 3. ใช้ทำเรดาร์
- เรดาร์(RADAR ย่อมาจาก Radio Detection And Ranging)**
1. เรดาร์เป็นการส่งคลื่นไมโครเวฟออกไปเป็นช่วง ๆ แล้วรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมาเข้าสู่เครื่องรับปรากฏให้เห็นบนจอภาพ ซึ่งจะบอกชนิดและระยะห่างของวัตถุที่สะท้อนได้
 2. สายอากาศของเรดาร์ มีลักษณะเป็นจานโค้งรูปพาราโบลา หมุนได้รอบแกน ทำหน้าที่ส่งและรับคลื่นไมโครเวฟ เหตุที่นิยมใช้คลื่นไมโครเวฟในระบบเรดาร์เพราะคลื่นไมโครเวฟมีความถี่สูงสามารถทะลุบรรยากาศและสะท้อนที่ผิววัตถุที่เปียกได้ดี

3. จอรับคลื่นภาพ ลักษณะเป็นวงกลมมีเส้นบอกระยะทางเป็นวงรอบศูนย์กลาง และมีทิศทางกำกับภาพที่ปรากฏบนจอโดยจะบอกตำแหน่งระยะห่าง และทิศทางของวัตถุจากจานสายอากาศด้วย

4. ประโยชน์ของเรดาร์

4.1 ใช้ในการคมนาคม ควบคุมการจราจรทางอากาศ สนามบิน การเดินเรือ นำทางเรือเมื่อหมอกลงจัด

4.2 ใช้ในกรมอุตุนิยมวิทยา เช่น ใช้ตรวจหาตำแหน่งและทิศทางของลมพายุ พายุกรดอากาศ

4.3 ใช้ในทางการทหาร ใช้ตรวจหาเครื่องบินข้าศึกเพื่อออกสกัด หรือเตือนภัยทางอากาศ และตรวจการเคลื่อนไหวของศัตรู

4.4 ด้านประมง เช่น ใช้ตรวจหาฝูงปลา

โดยทั่วไปเรามักจะพบการนำคลื่นไมโครเวฟไปใช้ในการสื่อสาร ปัจจุบันการปรุงอาหารนิยมใช้เตาไมโครเวฟกันทั้งนี้เพราะสะดวกและรวดเร็ว หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟคือ แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟยิงคลื่นไมโครเวฟไปยังพัลคมเพื่อให้พัลคมกระจายคลื่นไมโครเวฟไปทั่วเตา เมื่อคลื่นไมโครเวฟกระทบกับอาหารมันจะส่งสนามไฟฟ้าเข้าไปในอะตอมของน้ำที่อยู่ในอาหารนั้น ทำให้อะตอมของน้ำซึ่งมีประจุชนิดตรงกันข้าม (dipole) เกิดการหมุนอย่างรวดเร็วกว่าไปประมาณ 2.4×10^9 รอบต่อวินาที ทำให้เกิดพลังความร้อนขึ้น อาหารที่ถูกปรุงโดยไมโครเวฟจะสุกทั่วหมดและรวดเร็ว เพราะคลื่นไมโครเวฟกระจายไปทั่ว

16.3.4 รังสีอินฟราเรด

1. มีความถี่อยู่ในช่วง $10^{11} - 10^{14}$ เฮิรตซ์
2. วัตถุร้อนจะแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 10^{-4} เมตรออกมา
3. ประสาทสัมผัสทางผิวหนังของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรดได้
4. फिल्मถ่ายภาพบางชนิดสามารถถ่ายภาพได้โดยอาศัยรังสีอินฟราเรด
5. สิ่งมีชีวิตจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาตลอดเวลา
6. สามารถทะลุผ่านเมฆหมอกที่หนาเกินกว่าแสงธรรมดากว่าผ่านได้ จึงอาศัยสมบัตินี้ถ่ายภาพพื้นโลกจากดาวเทียม เพื่อศึกษาการแปรสภาพของป่าไม้หรือการเคลื่อนย้ายของฝูงสัตว์
7. รังสีอินฟราเรดเป็นตัวนำคำสั่งจากอุปกรณ์ควบคุมไปยังเครื่องรับที่เรียกว่า รีโมทคอนโทรล หรือการควบคุมระยะไกล สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องรับโทรทัศน์ เช่น การปิด การเปิด การเปลี่ยนสถานี
8. ใช้ในทางการทหารนำไปใช้เกี่ยวกับการควบคุมการใช้อาวุธนำวิถีเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย
9. แหล่งกำเนิดของรังสีอินฟราเรด ได้จากแหล่งกำเนิดความร้อนทุกชนิด เช่น ดวงอาทิตย์ หลอดไฟ
10. ใช้ในวงการแพทย์ เช่น การฆ่าเชื้อโรค รักษาอาการปวด การตรวจวินิจฉัยโรค
11. ใช้ในวงการอุตสาหกรรม เช่น การผลิตรถยนต์ การอบสีรถ การฆ่าเชื้อโรคก่อนบรรจุใส่ภาชนะ

16.3.5 แสง

1. มีความถี่ประมาณ 10^{14} เฮิรตซ์
2. ประสาทตาของมนุษย์ไวต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงนี้มาก
3. วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงมาก ๆ จะเปล่งแสงได้ เช่น ไส้หลอดไฟฟ้า ดวงอาทิตย์
4. เครื่องกำเนิดเลเซอร์ เป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ที่ให้แสงได้โดยไม่อาศัยความร้อน เช่น วงการแพทย์ ใช้เลเซอร์ในการผ่าตัดเนื้องอก

16.3.6 รังสีอัลตราไวโอเล็ต

1. มีความถี่อยู่ในช่วง $10^{15} - 10^{18}$ เฮิร์ตซ์
2. รังสีนี้เป็นตัวการที่ทำให้เกิดประจุอิสระ และไอออนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
3. ทำให้สารเรืองแสง เกิดการเรืองแสง
4. สามารถทะลุผ่านวัตถุบาง ๆ บางชนิดได้ เช่น เลื่อผ้า แผ่นพลาสติก
5. ทำลายเซลล์เล็ก ๆ บางชนิดได้ เช่น เชื้อโรค
6. ประโยชน์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต
 - 6.1 ใช้ทำการพิสูจน์เอกสาร ตรวจสอบลายเซ็น
 - 6.2 ช่วยร่างกายสังเคราะห์วิตามินดี
 - 6.3 ใช้ตรวจคุณภาพอาหารว่าเสียหรือไม่
 - 6.4 ใช้ในการแสดงบนเวที
 - 6.5 ใช้ตรวจสอบสารเคมี

โทษจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต อันตรายต่อผิวหนัง และตาคน เมื่อรับมาจำนวนมาก ๆ อาจเป็นมะเร็งที่ผิวหนังได้

รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มาจากดวงอาทิตย์ ส่วนใหญ่จะถูกสกัดกั้นไว้จากบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ซึ่งมีแก๊สโอโซนเป็นองค์ประกอบ แต่ปัจจุบันโอโซนในบรรยากาศมีจำนวนลดลงมากจึงทำให้อัลตราไวโอเล็ตแผ่ลงมายังผิวโลกมากขึ้น

16.3.7 รังสีเอกซ์

1. มีความถี่อยู่ในช่วง $10^{16} - 10^{21}$ เฮิร์ตซ์
2. แหล่งกำเนิดของรังสีเอกซ์ คือ ดวงอาทิตย์ หลอดรังสีเอกซ์ เครื่องรับโทรทัศน์
3. คุณสมบัติของรังสีเอกซ์
 - 3.1 ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า
 - 3.2 เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก
 - 3.3 มีอำนาจทะลุทะลวงสูง
 - 3.4 ทำให้แก๊สหรืออากาศรอบ ๆ แตกตัวเป็นไอออนได้
 - 3.5 ทำให้สารเรืองแสงเกิดการเรืองแสง
 - 3.6 ทำปฏิกิริยากับแผ่นฟิล์มถ่ายรูปเหมือนกับแสง
 - 3.7 รังสีเอกซ์มีอันตรายและทำลายเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้
4. ประโยชน์ของรังสีเอกซ์
 - 4.1 ใช้ในวงการแพทย์ ตรวจวินิจฉัยโรค ตลอดจนการรักษาโรคมะเร็ง
 - 4.2 ใช้ในวงการอุตสาหกรรม และการก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบรูรั่วหรือรอยร้าวต่าง ๆ
 - 4.3 ใช้ตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม หรืออาวุธในกระเป๋าหรือหีบห่อต่าง ๆ
 - 4.4 ใช้ตรวจสอบวัตถุโบราณว่ามีอายุยาวนานเท่าไร

5. โทษของรังสีเอกซ์

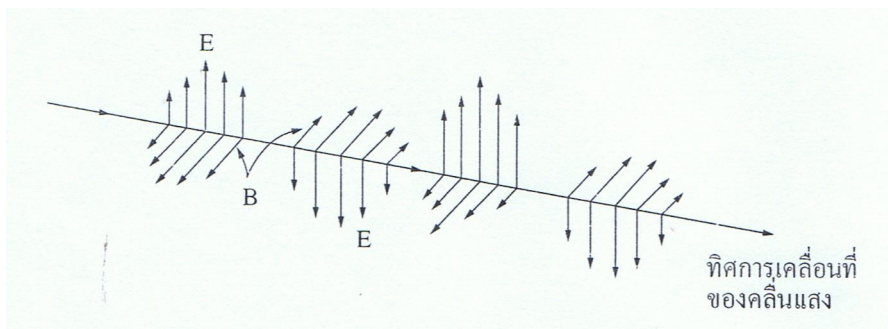
- 5.1 เมื่อร่างกายรับเข้าไปมาก เซลล์จะตายหรือเสื่อมคุณภาพ
- 5.2 อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งได้
- 5.3 อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในยีน มีผลกระทบต่อกรรมพันธุ์

16.3.8 รังสีแกมมา

1. มีความถี่สูงกว่ารังสีเอกซ์
2. แหล่งกำเนิดของรังสีแกมมา คือ การสลายตัวของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี รังสีคอสมิกที่มาจากนอกโลก จะมีรังสีแกมมาอยู่ด้วย การแผ่รังสีของอนุภาค ประจุไฟฟ้าที่ถูกร่งในเครื่องเร่งอนุภาคก็ทำให้เกิดรังสีแกมมาได้
3. คุณสมบัติของรังสีแกมมา
 - 3.1 ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า
 - 3.2 ทำให้สารเรืองแสงเกิดการเรืองแสง
 - 3.3 ทำปฏิกิริยากับแผ่นฟิล์มถ่ายรูป และฟิล์มที่ไม่ไวต่อแสง
4. ประโยชน์ของรังสีแกมมา
 - 4.1 ใช้ในวงการแพทย์ ใช้รักษาโรคมะเร็ง
 - 4.2 ใช้ในวงการเกษตร ศึกษาโรคพืชต่างๆ การดูซึมแร่ธาตุของรากพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การเปลี่ยนแปลงพันธุ์พืช
 - 4.3 อาบผลไม้ต่างๆ ตลอดจนผลิตผลอื่น ๆ ให้เก็บรักษาไว้ได้นาน ๆ
5. โทษของรังสีแกมมา ทำลายเซลล์ร่างกาย เนื้อเยื่อต่างๆ อาจทำให้เกิดมะเร็งได้

16.4 โพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง ซึ่งมีทิศทางการสั่นของสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นดังรูป

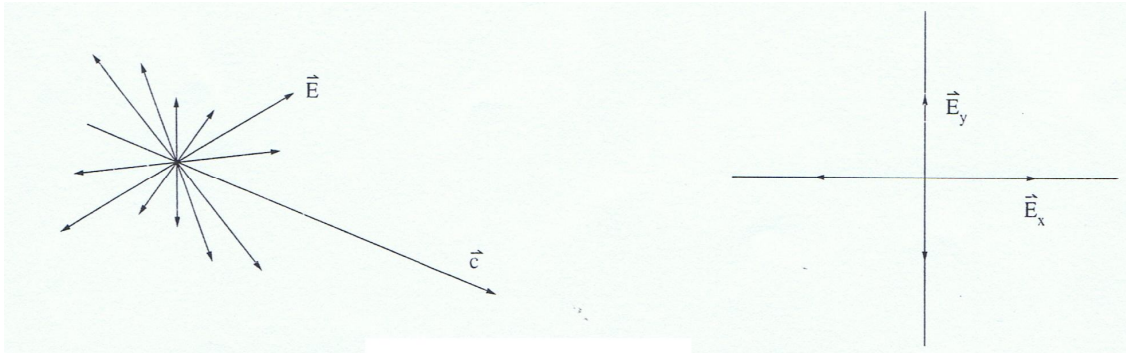


รูปแสดงทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแสง

จากรูปสนามไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงทิศกลับไปมาในแนวตั้งเสมอ เราเรียกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ว่า คลื่นโพลาไรซ์ (polarized wave) หรืออาจกล่าวได้ว่า คลื่นโพลาไรซ์ คือ คลื่นตามขวางที่มีระนาบการสั่นราบเดียวนั่นเอง

16.4.1 โพลาริเซชันของแสง

แหล่งกำเนิดโดยทั่วไป เช่น ดวงอาทิตย์ หลอดไฟ ให้กำเนิดแสงจากการสั่นสะเทือนของอะตอมและโมเลกุลจำนวนมากมายที่มีระนาบของการสั่นเรียงอย่างกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด จึงประกอบด้วยขบวนคลื่นจำนวนมากมายในทุกทิศทาง ดังนั้นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงโดยทั่วไป จึงเป็นแสงไม่โพลาริส์ (unpolarized light)



รูปแสดง (ก) ทิศของสนามไฟฟ้าของคลื่นแสงจากแหล่งกำเนิด

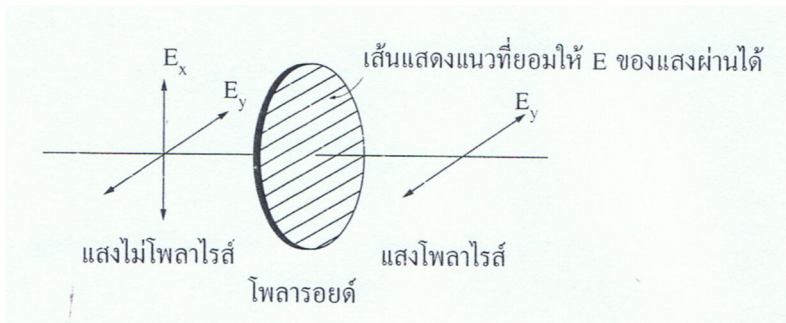
(ข) การรวมสนามไฟฟ้าจากรูป (ก) ให้อยู่ใน x และ y

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากกระดาษ)

จากรูป (ก) แสดงแสงไม่โพลาริส์จากแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ ซึ่งสามารถรวมให้อยู่ในแกน x และ y ซึ่งตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (รูป ข) ดังนั้นเราสามารถแสดงแสงไม่โพลาริส์ด้วยลูกศรสองอันในแต่ละแกนดังรูป (ข) ได้

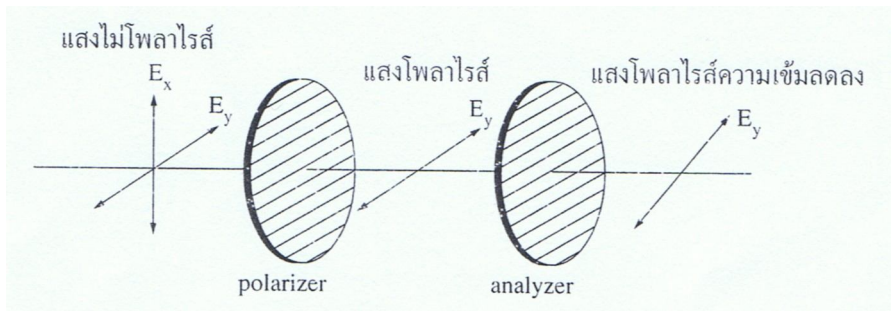
การทำให้แสงไม่โพลาริส์เป็นแสงโพลาริส์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

1. ใช้แผ่นโพลารอยด์ แผ่นโพลารอยด์เป็นแผ่นที่มีสมบัติยอมให้สนามไฟฟ้าของแสงบางระนาบผ่านไปเท่านั้น สนามไฟฟ้าที่ผ่านแผ่นโพลารอยด์ได้แสดงว่ามีทิศทางการสั่นอยู่แนวเดียวกัน ทิศของโพลาริส์ (ระนาบที่ยอมให้สนามไฟฟ้า ผ่านไปได้)



รูปแสดงแสงไม่โพลาริส์เมื่อผ่านแผ่นโพลาไรซ์จะได้แสงโพลาริส์

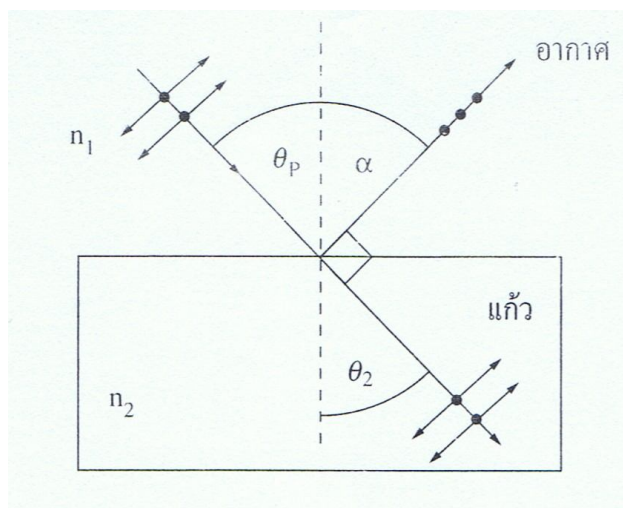
ในกรณีที่ผ่านโพลาไรซ์ 2 แผ่น เราสามารถที่จะจัดแผ่นโพลาไรซ์ทั้งสองให้แสงที่ผ่านออกมาโพลาไรซ์ได้มากหรือน้อย ดังรูป



รูปแสดงแสงไม่โพลาไรซ์ เมื่อผ่านแผ่นโพลาไรซ์สองแผ่น

แผ่นโพลาไรซ์แผ่นแรกเรียกว่า polarizer มีหน้าที่ ทำให้แสงไม่โพลาไรซ์ให้เป็นแสงโพลาไรซ์ แผ่นที่สองเรียกว่า analyzer มีหน้าที่ ทำให้แสงที่ผ่านออกมาโพลาไรซ์มากน้อยตามต้องการ โดยแสงที่ผ่านออกมาจากแผ่นที่สองจะมีความสว่างมากที่สุด เมื่อทิศโพลาไรซ์ของทั้งสองแผ่นขนานกัน และจะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อทิศโพลาไรซ์ของทั้งสองแผ่นตั้งฉากกัน (ถ้าแผ่นโพลาไรซ์คุณภาพดีมากจะไม่มีแสงผ่านออกมาเลย)

2. โดยการสะท้อน เมื่อให้แสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบผิววัตถุ เช่น แก้ว น้ำ หรือกระเบื้อง แสงสะท้อนจะเป็นแสงโพลาไรซ์เมื่อแสงทำมุมตกกระทบเป็นค่าเฉพาะค่าหนึ่ง เรียกมุมตกกระทบนี้ว่า มุมโพลาไรซ์ (polarizing angle) หรือมุมบรูสเตอร์ (Brewster's angle) โดยมุมโพลาไรซ์นี้จะทำให้รังสีสะท้อน (ซึ่งเป็นแสงโพลาไรซ์แล้ว) ทำมุม 90° กับรังสีหักเห ดังรูป



รูปแสดงโพลาไรซ์เซชันโดยการสะท้อน

จากรูป แสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบผิวแก้ว แสงตกกระทบประกอบด้วยสนามไฟฟ้าของสนามตั้งฉากกัน คือ สนามที่ขนานกับผิวแก้วแทนด้วย \bullet และสนามที่ทำมุมกับผิวแก้วแทนด้วย \updownarrow ให้ n แทนดัชนีหักเหของแก้ว และดัชนีหักเหของอากาศมีค่าเท่ากับ 1 ของกฎของเซนลล์

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$(1) \sin \theta_p = n \sin(90^\circ - \theta_p)$$

จาก $\theta_2 = 180^\circ - 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \theta_p$; $\alpha = \theta_p$ (มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน)

$$\sin \theta_p = n \cos \theta_p$$

$$\tan \theta_p = n$$

$$\theta_p = \tan^{-1} n$$

เรียกว่า กฎของบรูสเตอร์ แสดงว่าถ้าให้แสงทึ่มมุมตกกระทบ $\tan^{-1} n$ แสงที่สะท้อนจะเป็นแสงโพลาไรซ์

3. โดยการหักเห เมื่อแสงผ่านเข้าไปผลึกแคลไซต์และควอตซ์ แสงจะมีอัตราเร็วไม่เท่ากันทุกทิศทางแสงที่หักเหผ่านมาจึงแยกออกเป็น 2 แแนว เป็นแสงโพลาไรซ์

4. โดยการกระเจิงของแสง เมื่อแสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปในบรรยากาศของโลก แสงจะกระทบโมเลกุลของอากาศหรืออนุภาคในบรรยากาศ อิเล็กตรอนในโมเลกุลจะดูดกลืนแสงที่ตกกระทบนั้น และจะปลดปล่อยแสงนั้นออกมาอีกครั้งในทุกทิศทาง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การกระเจิงของแสง เมื่อเราใช้ผ่านโพลาไรซ์สังเกตแสงจากท้องฟ้า เมื่อหมุนแผ่นโพลาไรซ์ไปรอบ ๆ จะพบว่าความสว่างเปลี่ยนไป แสดงว่าแสงจากท้องฟ้าส่วนหนึ่งมีแสงโพลาไรซ์รวมอยู่ด้วย

แบบทดสอบบทที่ 16 เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (O-NET)

1. (O-NET49) คลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสถานีวิทยุสองแห่ง มีความถี่ 90 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุทั้งสองนี้ต่างกันเท่าใด

1. 3.33 m	2. 3.00 m	3. 0.33 m	4. 0.16 m
-----------	-----------	------------------	-----------
2. (O-NET49) ข้อใดเป็นการเรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความยาวคลื่นน้อยไปมากที่ถูกต้อง

1. รังสีเอกซ์ อินฟราเรด ไมโครเวฟ	2. อินฟราเรด ไมโครเวฟ รังสีเอกซ์
3. รังสีเอกซ์ ไมโครเวฟ อินฟราเรด	4. ไมโครเวฟ อินฟราเรด รังสีเอกซ์
3. (O-NET49) การฝากสัญญาณเสียงไปกับคลื่นในระบบวิทยุแบบ เอ เอ็ม คลื่นวิทยุที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร
 - 1. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง**
 2. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามความถี่ของคลื่นเสียง
 3. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง
 4. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามความถี่ของคลื่นเสียง
4. (O-NET50) มนุษย์อวกาศสองคนปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวดวงจันทร์ สื่อสารกันด้วยวิธีใดสะดวกที่สุด

1. คลื่นเสียงธรรมดา	2. คลื่นเสียงอัลตราซาวด์
3. คลื่นวิทยุ	4. คลื่นโซนาร์
5. (O-NET50) เมื่อคลื่นเคลื่อนจากตัวกลางที่หนึ่งไปตั้งกลางที่สองโดยอัตราเร็วของคลื่นลดลง ถ้ามวลสำหรับคลื่นในตัวกลางที่สอง ข้อความใดถูกต้อง

1. ความถี่เพิ่มขึ้น	2. ความถี่ลดลง
3. ความยาวคลื่นมากขึ้น	4. ความยาวคลื่นลดลง
6. (O-NET50) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้ในรีโมทควบคุมการทำงานของเครื่องโทรทัศน์คือข้อใด

1. อินฟราเรด	2. ไมโครเวฟ
3. คลื่นวิทยุ	4. อัลตราไวโอเลต
7. (O-NET51) คลื่นวิทยุ FM ความถี่ 88 เมกะเฮิร์ตซ์ มีความยาวคลื่นเท่าใด กำหนดให้ความเร็วของคลื่นวิทยุเท่ากับ 3.0×10^8 เมตร/วินาที

1. 3.0 m	2. 3.4 m
3. 6.0 m	4. 6.8 m
8. (O-NET51) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใดต่อไปนี้ที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด

1. อินฟราเรด	2. ไมโครเวฟ
3. คลื่นวิทยุ	4. อัลตราไวโอเลต
9. (O-NET52) คลื่นในข้อใดต่อไปนี้ที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด

1. คลื่นวิทยุ	2. คลื่นอินฟราเรด
3. คลื่นไมโครเวฟ	4. คลื่นแสงที่ตามองเห็น
10. (O-NET53) ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในข้อใดที่ไม่มีผลต่อการแผ่กระจายของคลื่นวิทยุ

1. การเปลี่ยนขนาดของจุดดับบนดวงอาทิตย์	2. การเกิดแสงเหนือแสงใต้
3. การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง	4. การเกิดกลางวัน กลางคืน

11. (O-NET53) ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดมีอัตราเร็วในสุญญากาศเท่ากัน
2. มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางชนิดต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง
3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่มีทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก
4. เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางในตัวกลางที่เปลี่ยนไป อัตราเร็วของคลื่นจะเปลี่ยนไป

12. (O-NET54) เหตุใดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงจัดเป็นคลื่นตามขวาง

1. เพราะสนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า
2. เพราะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
3. เพราะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
4. เพราะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

13. (O-NET54) ถ้าสถานีวิทยุเอเอ็มแห่งหนึ่งกระจายเสียงที่มีความถี่ 800 kHz ข้อใดกล่าวถูกต้อง

1. เสียงพูดถูกนำไปเพิ่มแอมพลิจูดและส่งออกไปโดยมีสัญญาณความถี่ 800 kHz คั่นเป็นระยะ ๆ
2. เสียงพูดถูกนำไปผสมกับคลื่นพาหะที่มีความถี่ 800 kHz
3. เสียงพูดถูกนำไปผสมกับคลื่นพาหะที่มีความถี่ไม่คงที่ แต่ให้ผลลัพธ์ที่มีความถี่ 800 kHz คงที่
4. คลื่นพาหะความถี่ 800 kHz ถูกปรับความถี่ลงให้เหลือไม่เกิน 20 kHz เพื่อให้หูมนุษย์รับฟังได้

14. สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งหนึ่งออกอากาศด้วยคลื่น 100 เมกะเฮิรตซ์ถ้าท่านต้องการสร้างสายอากาศสำหรับรับคลื่นของสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งนี้ ความยาวที่เหมาะสมของสายอากาศที่ท่านจะสร้างจะเป็นเท่าใด
 ก. 0.5 เมตร ข. 1 เมตร **ค. 1.5 เมตร** ง. 2 เมตร
15. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดมีคุณสมบัติที่เหมือนกันคือข้อใด
 ก. หักเหได้เท่ากัน ข. เลี้ยวเบนได้เท่ากัน ค. แทรกสอดได้เท่ากัน **ง. มีความเร็วเท่ากับแสง**
16. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในข้อใดที่มีพลังงานมากที่สุด
 ก. แสง ข. **รังสีเอ็กซ์** ค. ไมโครเวฟ ง. อัลตราไวโอเลต
17. เมื่อนักบินอวกาศขึ้นไปบนดวงจันทร์สามารถพูดคุยกับคนที่อยู่บนโลกได้ จะต้องใช้คลื่นชนิดใด
 ก. คลื่นวิทยุ ข. คลื่นเสียง ค. คลื่นโทรทัศน์ **ง. คลื่นไมโครเวฟ**
18. คลื่นวิทยุ F.M. มีช่วงความถี่เท่าใด
 ก. 88 - 108 kHz **ข. 88 - 108 MHz** ค. 530 - 1600 kHz ง. 530 - 1600 MHz
19. สถานีโทรทัศน์ใช้วิธีส่งเสียงและภาพในระบบใดตามลำดับ
 ก. A.M. - A.M. ข. A.M. - F.M. **ค. F.M. - A.M.** ง. F.M. - F.M.
20. ข้อใดเรียงลำดับจากความยาวคลื่นน้อยไปหาความยาวคลื่นมากได้ถูกต้อง
 ก. อินฟราเรด , แสง , แกมมา ข. รังสีเอ็กซ์ , อินฟราเรด , แสง
 ค. ไมโครเวฟ , แสง , อินฟราเรด **ง. รังสีเอ็กซ์ , อัลตราไวโอเลต , อินฟราเรด**
21. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของรังสีเอ็กซ์
 ก. ทำให้แก๊สแตกตัวเป็นไอออน ข. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง
 ค. มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง **ง. เบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก**
22. คลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสถานีวิทยุสองแห่ง มีความถี่ 90 MHz และ 100 MHz ความยาวของคลื่นวิทยุทั้งสองนี้ต่างกันเท่าไร
 ก. 0.16 m **ข. 0.33 m** ค. 3.00 m ง. 3.33 m
23. คลื่นวิทยุแตกต่างจากคลื่นแสงอย่างไร
ก. คลื่นวิทยุมีความถี่ต่ำกว่าคลื่นแสง ข. คลื่นวิทยุความถี่สูงกว่าคลื่นแสง
 ค. คลื่นวิทยุเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าคลื่นแสง ง. คลื่นวิทยุเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าคลื่นแสง
24. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้คือข้อใด
 ก. รังสีเอ็กซ์ ข. รังสีแกมมา **ค. รังสีอินฟราเรด** ง. รังสีอัลตราไวโอเลต
25. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงคลื่นต่างๆ ในสเปกตรัม
 1. มีแหล่งกำเนิดและการตรวจจับที่ต่างกัน 2. เคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยความเร็วแสง
 3. มีการส่งผ่านพลังงานไปพร้อมกับคลื่น
 ก. ข้อ 1 เท่านั้น ข. ข้อ 1 และ 2 ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ข้อ 1 , 2 และ 3
26. การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าสามารถทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใด
 ก. อินฟราเรด **ข. อัลตราไวโอเลต** ค. แกมมา ง. เอ็กซ์
27. มนุษย์อวกาศสองคนปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวดวงจันทร์ สื่อสารกันด้วยวิธีใด
ก. คลื่นวิทยุ ข. คลื่นโซนาร์ ค. คลื่นเสียงธรรมดา ง. คลื่นเสียงอัลตราซาวด์

28. Henry Becquerel นำแผ่นฟิล์มใส่ไว้ในช่องสีดำวางไว้ใต้ธาตุยูเรเนียม เมื่อนำฟิล์มไปล้างพบว่า เกิดรอยดำบนแผ่นฟิล์มและสรุปว่ารังสีที่ออกมา จากธาตุยูเรเนียมไม่ใช่รังสีเอกซ์ด้วยเหตุผลใด
1. รอยดำนั้นมีความเข้มมากกว่ารังสีเอกซ์
 2. รังสีนี้ถูกปล่อยออกมาตลอดเวลา
 3. รังสีนี้ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่ารังสีเอกซ์
 4. รังสีนี้เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก
- ข้อที่ถูกต้องคือ
- ก. 1, 2, 3 ข. 2, 3, 4 ค. 1, 3, 4 ง. ถูกทุกข้อ
29. สมบัติข้อใดของคลื่นไมโครเวฟที่ทำให้อาหารสุกได้
- ก. ทะลุผ่านวัตถุได้ดี
 - ข. มีความถี่สูงกว่าคลื่นวิทยุ
 - ค. ทำให้โมเลกุลของน้ำสั่น
 - ง. เมื่อผ่านวัตถุคลื่นจะสะท้อนไปมาในวัตถุได้
30. ข้อความใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต
- ก. มีประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรค
 - ข. มองเห็นเป็นสีม่วงอ่อนและสามารถผ่านแผ่นแก้วบาง ๆ ได้
 - ค. สามารถทำให้สารเคมีบางชนิดเรืองแสงได้จึงมีการนำไปใช้ส่องเสื้อผ้าที่ทำด้วยสารเรืองแสงของผู้แสดงบนเวทีจะช่วยให้เห็นเป็นสีสว่างที่นำต้นตามากขึ้น
 - ง. ถ้าไอโซนในชั้นบรรยากาศชั้นบนลดน้อยลง การดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ก็จะลดลงไปด้วย จนอาจได้รับอันตรายจากรังสีนี้ที่ตกลงสู่โลกได้
31. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อไปนี้ คลื่นใดมีความถี่ต่ำที่สุด
- ก. คลื่นวิทยุ
 - ข. คลื่นแสง
 - ค. รังสีอินฟราเรด
 - ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
32. รังสีที่ใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบลายมือผู้ฝากธนาคาร คือรังสีใด
- ก. รังสีเอ็กซ์
 - ข. รังสีแกมมา
 - ค. รังสีอินฟราเรด
 - ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
33. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใดที่สามารถสะท้อนได้ดีที่บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์คือข้อใด
- ก. คลื่นโทรทัศน์
 - ข. รังสีอินฟราเรด
 - ค. คลื่นไมโครเวฟ
 - ง. คลื่นวิทยุ เอ เอ็ม
34. ข้อใดที่ถือว่าเป็นประโยชน์ที่ได้รับจากรังสีอินฟราเรด
- ก. ตรวจสอบและค้นหาสัตว์ป่าในที่มืด
 - ข. ใช้อบอาหาร ทำให้อาหารสุก
 - ค. ใช้ในอุตสาหกรรมอบสี
 - ง. ถูกทุกข้อที่กล่าวมา
35. แสงสีใดต่อไปนี้มีควมถี่น้อยที่สุด
- ก. สีม่วง
 - ข. สีแดง
 - ค. สีเหลือง
 - ง. สีน้ำเงิน
36. รังสีอัลตราไวโอเล็ตได้มาจากไหน
- ก. ดวงอาทิตย์
 - ข. หลอดเรืองแสง
 - ค. เครื่องรับโทรทัศน์
 - ง. ข้อ ก และข้อ ข ถูก
37. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้ในรีโมทควบคุมการทำงานของเครื่องโทรทัศน์คือข้อใด
- ก. คลื่นวิทยุ
 - ข. อินฟราเรด
 - ค. คลื่นไมโครเวฟ
 - ง. อัลตราไวโอเล็ต
38. ในธรรมชาติร่างกายของคนสามารถสร้างวิตามินจากรังสีอะไร
- ก. รังสีเอ็กซ์
 - ข. รังสีแกมมา
 - ค. รังสีอินฟราเรด
 - ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
39. รังสีใดที่ทำให้เกิดประจุอิสระในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ คือข้อใด
- ก. รังสีเอ็กซ์
 - ข. รังสีแกมมา
 - ค. รังสีอินฟราเรด
 - ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต

40. รังสีใดต่อไปนี้ไม่ได้ออกมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี
 ก. รังสีแอลฟา ข. รังสีบีตา ค. รังสีแกมมา **ง. รังสีเอ็กซ์**
41. เมื่อใช้สิ่งกีดขวางต่อไปนี้กันรังสีเอ็กซ์ สิ่งใดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด
 ก. เหล็ก ข. เงิน ค. ทองแดง **ง. ตะกั่ว**
42. รังสีชนิดใดมีพลังงานมากที่สุด
 ก. รังสีเอ็กซ์ **ข. รังสีแกมมา** ค. รังสีอินฟราเรด ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
43. รังสีที่แตกต่างไปจากรังสีอื่นคือข้อใด
ก. รังสีบีตา ข. รังสีเอ็กซ์ ค. รังสีอินฟราเรด ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
44. ความถี่คลื่นวิทยุอยู่ในช่วงใด
 ก. สูงกว่ารังสีอินฟราเรด **ข. ต่ำกว่ารังสีอินฟราเรด**
 ค. สูงกว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ต ง. อยู่ในช่วงเดียวกับรังสีแกมมา
45. การส่งโทรทัศน์สีใช้อะไรเป็นแม่สีที่จะทำให้เกิดสีตามธรรมชาติ
 ก. สีแดง สีฟ้า สีเหลือง ข. สีแดง สีนํ้าเงิน สีแสด
ค. สีแดง สีนํ้าเงิน สีเขียว ง. สีแดง สีนํ้าเงิน สีเหลือง
46. วิทยุ เอ.เอ็ม. ดีกว่า เอฟ.เอ็ม. ในด้านใด
ก. ส่งระยะทางไกลดีกว่า ข. กินไฟน้อยกว่าระบบ เอฟ.เอ็ม.
 ค. ให้กำลังสูงกว่าเมื่อมีขนาดเท่ากัน ง. เสียงดังกว่าเพราะสถานีสามารถส่งกำลังสูงกว่า
47. อันตรายจากรังสีใดที่พอเหมาะอาจทำให้หัวใจหยุดเต้นได้
 ก. รังสีเอ็กซ์ **ข. ไมโครเวฟ** ค. รังสีอินฟราเรด ง. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
48. เหตุที่ใช้ไมโครเวฟแทนคลื่นวิทยุในระบบโทรคมนาคม เพราะเหตุใด
ก. คลื่นวิทยุสะท้อนง่ายเกินไป ข. ความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุสั้นกว่า
 ค. ไมโครเวฟมีอำนาจทะลุผ่านได้ดีกว่า ง. คลื่นวิทยุถูกผสมกับคลื่นอื่นในบรรยากาศได้ง่าย
49. การยิงไมโครเวฟไปยังภาชนะพลาสติกที่บรรจุน้ำ สิ่งที่เกิดขึ้นคืออะไร
 ก. อุณหภูมิของน้ำลดลง **ข. อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น**
 ค. การหักเหและการแทรกสอด ง. การสะท้อนและการแทรกสอด
50. รังสีอินฟราเรดและคลื่นไมโครเวฟมีสิ่งเหมือนกันคือ
 1. เป็นคลื่นประเภทเดียวกัน
 2. ตรวจจับด้วยฟิล์มถ่ายรูปเหมือนกัน
 3. มีประโยชน์ในการสื่อสารเหมือนกัน
 คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด
ก. ข้อ 1 เท่านั้น ข. ข้อ 1 และ 2
 ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ข้อ 1, 2 และ 3