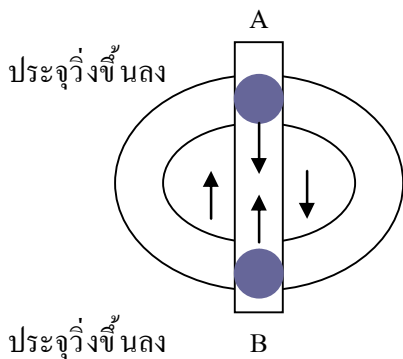


## บทที่ 16 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### 16.1 ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์และการทดลองของเฮิร์ตซ์

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าตลอดเวลาเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก พอเกิดสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าเกิดต่อเนื่องกันตลอดเวลาและสนามแม่เหล็กกับสนามไฟฟ้าตั้งฉากกันตลอดเวลาทิศทางของความเร็วโดยใช้กฎมือขวา และเกิดคลื่นแม่เหล็กในทุกที่ไม่ว่าจะเป็นที่ว่าง ตัวนำหรือฉนวน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดจะมีความเร็วเท่ากัน คือเท่ากับ  $3 \times 10^8$  m/s แต่ความถี่ไม่เท่ากัน

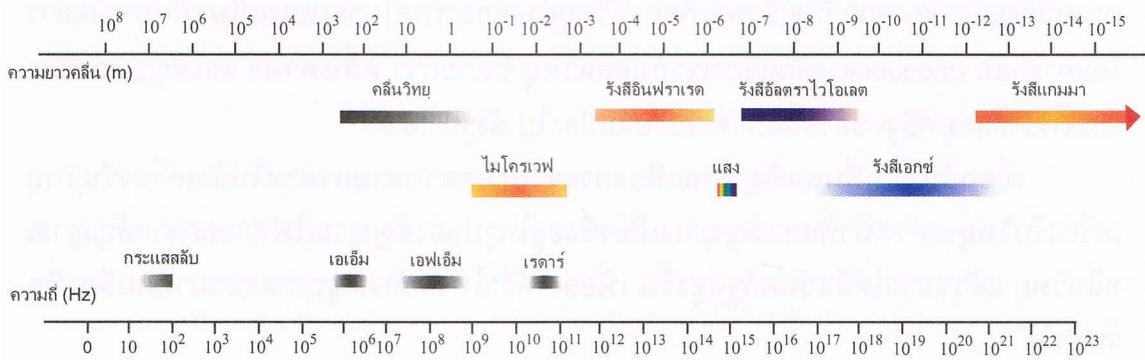
### 16.2 การแผ่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ



เมื่อประจุเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความเร่งหรือความหน่วง จะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาทุกทิศทาง ยกเว้นเหนือเสาอากาศที่จุด A และ B

### 16.3 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ แถบแสดงความถี่หรือความยาวคลื่นต่าง ๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียงตามลำดับความถี่ เรียงจากความถี่น้อยที่สุดถึงความถี่มากที่สุด



รูป 18.1 ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นคลื่นที่มีความถี่ตั้งแต่หลายสิบกิโลเฮิร์ตซ์ จนกระทั่งถึงรังสีเอ็กซ์หรือรังสีแกมมาที่มีความถี่สูงมากๆ เมื่อความถี่เปลี่ยนไปคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นๆ ก็ย่อมเปลี่ยนแปลงไปด้วยแต่ก็ยังมีคุณสมบัติร่วมกันอยู่คือมีอัตราเร็วเท่ากับ  $c \times 10^8$  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 คลื่นวิทยุที่ส่งขึ้นไปสะท้อนในบรรยากาศชั้น ไอโอโนสเฟียร์ แล้วกลับมายังเครื่องรับวิทยุ ( มีในระบบ A.M. ส่วนระบบ F.M. ไม่มีเพราะคลื่น F.M. ทะลุผ่านบรรยากาศชั้นนี้ได้

6. คลื่นวิทยุสามารถผลิตขึ้นได้ โดยอาศัยวงจรวิทยุของหลอดสุญญากาศหรือวงจรทรานซิสเตอร์

7. ไม่สามารถทะลุผ่านโลหะ หรือสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ แต่สามารถอ้อมผ่านสิ่งกีดขวางที่มีขนาดเล็กใกล้เคียงกับความยาวคลื่นได้

8. สามารถสะท้อนในบรรยากาศชั้น ไอโอโนสเฟียร์ได้

### 16.3.2 คลื่นโทรทัศน์

1. มีความถี่ประมาณ  $10^8$  เฮิร์ตซ์

2. การส่งโทรทัศน์ต้องใช้กล้องถ่ายโทรทัศน์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนภาพให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้อัตรา  $\frac{1}{25}$  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 เหตุที่นิยมใช้คลื่นไมโครเวฟในระบบเรดาร์เพราะคลื่นไมโครเวฟมีความถี่สูงสามารถทะลุบรรยากาศและสะท้อนที่ผิววัตถุได้ดี

3. จอรับคลื่นภาพ ลักษณะเป็นวงกลมมีเส้นบอกระยะทางเป็นวงรอบศูนย์กลาง และมีทิศทางการกำกับภาพที่ปรากฏบนจอโดยจะบอกตำแหน่งระยะห่าง 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

โดยทั่วไปเรดาร์จะพบการนำคลื่นไมโครเวฟไปใช้ในการสื่อสาร ปัจจุบันการปรุงอาหารนิยมใช้เตาไมโครเวฟกัน ทั้งนี้เพราะสะดวกและรวดเร็ว หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟคือแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟยิงคลื่นไมโครเวฟไปยังพัลคมเพื่อให้พัลคมกระจายคลื่นไมโครเวฟไปทั่วเตา เมื่อคลื่นไมโครเวฟกระทบอาหารมันจะส่งสนามไฟฟ้าเข้าไปในอะตอมของน้ำที่อยู่ในอาหารนั้น ทำให้อะตอมของน้ำซึ่งมีประจุขั้วตรงกันข้าม (dipole) เกิดการหมุนอย่างรวดเร็วทั่วไปประมาณ  $2.4 \times 10^9$  รอบต่อวินาที ทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น อาหารที่ถูกปรุงโดยไมโครเวฟจะสุกทั่วหมดและรวดเร็ว เพราะคลื่นไมโครเวฟกระจายไปทั่ว

#### 16.3.4 รังสีอินฟราเรด

1. มีความถี่อยู่ในช่วง  $10^{11} - 10^{14}$  เฮิรตซ์
2. วัตถุร้อนจะแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า  $10^{-4}$  เมตรออกมา
3. ประสาทสัมผัสทางผิวหนังของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรดได้
4. ฟิล์มถ่ายภาพบางชนิดสามารถถ่ายภาพได้โดยอาศัยรังสีอินฟราเรด
5. สิ่งมีชีวิตจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาตลอดเวลา
6. สามารถทะลุผ่านเมฆหมอกที่หนาเกินกว่าแสงธรรมดาค่าจะผ่านได้ จึงอาศัยสมบัตินี้ถ่ายภาพพี้นึกจากดาวเทียม เพื่อศึกษาการแปรสภาพของป่าไม้หรือการเคลื่อนย้ายของฝูงสัตว์
7. รังสีอินฟราเรดเป็นตัวนำคำสั่งจากอุปกรณ์ควบคุมไปยังเครื่องรับที่เรียกว่า รีโมทคอนโทรล หรือการควบคุมระยะไกล สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องรับโทรทัศน์ เช่น การปิด การเปิด การเปลี่ยนสถานี
8. ใช้ในทางการทหารนำไปใช้เกี่ยวกับการควบคุมการใช้อาวุธนำวิถีเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย
9. แหล่งกำเนิดของรังสีอินฟราเรด ได้จากแหล่งกำเนิดความร้อนทุกชนิด เช่น ดวงอาทิตย์ หลอดไฟ
10. ใช้ในวงการแพทย์ เช่น การฆ่าเชื้อโรค กายภาพบำบัด 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. รังสีนี้เป็นตัวการที่ทำให้เกิดประจุนประจุ 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 แต่ปัจจุบันโอโซนในบรรยากาศมีจำนวนลดลงมากจึงทำให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตแผ่ลงมายังผิวโลกมากขึ้น

### 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 แฉกตัวเป็นไอออนได้
  - 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

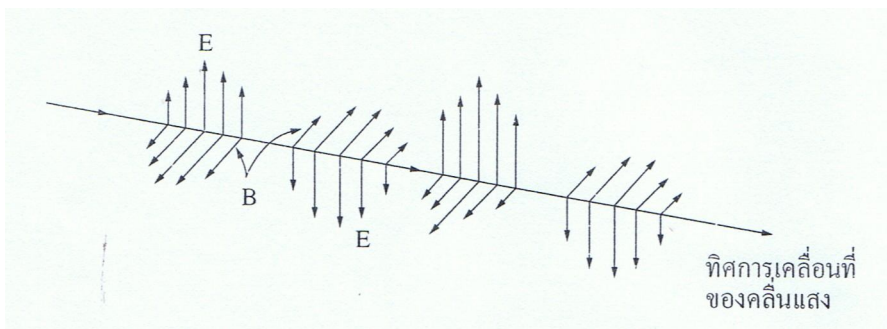
- 5.1 เมื่อร่างกายรับเข้าไปมาก เซลล์จะตายหรือเสื่อมคุณภาพ
- 5.2 อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งได้
- 5.3 อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในยีน มีผลกระทบต่อกรรมพันธุ์

### 16.3.8 รังสีแกมมา

1. มีความถี่สูงกว่ารังสีเอกซ์
2. แหล่งกำเนิดของรังสีแกมมา คือ การสลายตัวของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี รังสีคอสมิกที่มาจากนอกโลก จะมีรังสีแกมมาอยู่ด้วย การแผ่รังสีของอนุภาค ประจุไฟฟ้าที่ถูกเร่งในเครื่องเร่งอนุภาคก็ทำให้เกิดรังสีแกมมาได้
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 ออบผลไม้ต่างๆ ตลอดจนผลิตผลอื่น ๆ ให้เก็บรักษาไว้ได้นาน ๆ
5. โทษของรังสีแกมมา ทำลายเซลล์ร่างกาย เนื้อเยื่อต่างๆ อาจทำให้เกิดมะเร็งได้

### 16.4 โพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง ซึ่งมีทิศทางการสั่นของสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นดังรูป

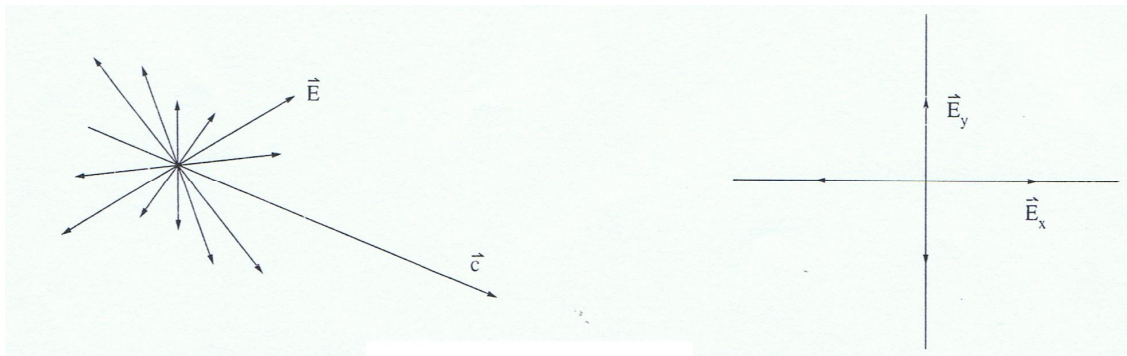


รูปแสดงทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแสง

จากรูปสนามไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงทิศกลับไปมาในแนวตั้งเสมอ เราเรียกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ว่า คลื่นโพลาไรซ์ (polarized wave) หรืออาจกล่าวได้ว่า คลื่นโพลาไรซ์ คือ คลื่นตามขวางที่มีระนาบการสั่นราบเดียวนั่นเอง

### 16.4.1 โพลาริเซชันของแสง

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



รูปแสดง (ก) ทิศของสนามไฟฟ้าของคลื่นแสงจากแหล่งกำเนิด

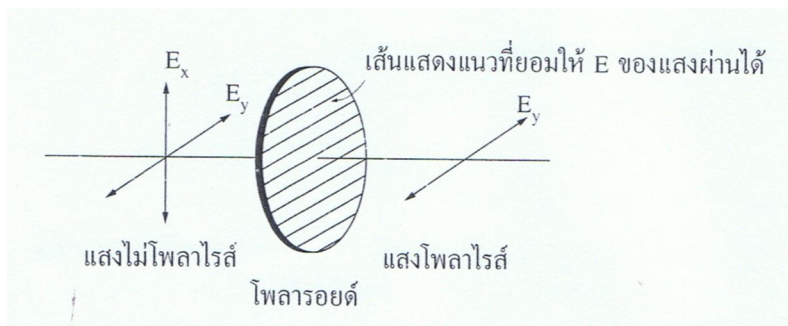
(ข) การรวมสนามไฟฟ้าจากรูป (ก) ให้อยู่ใน x และ y

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากกระดาษ

จากรูป (ก) แสดงแสงไม่โพลาไรส์จากแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ ซึ่งสามารถรวมให้อยู่ในแกน x และ y ซึ่งตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (รูป ข) ดังนั้นเราสามารถแสดงแสงไม่โพลาไรส์ด้วยลูกศรสองอันในแต่ละแกนดังรูป (ข) ได้

การทำให้แสงไม่โพลาไรส์เป็นแสงโพลาไรส์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

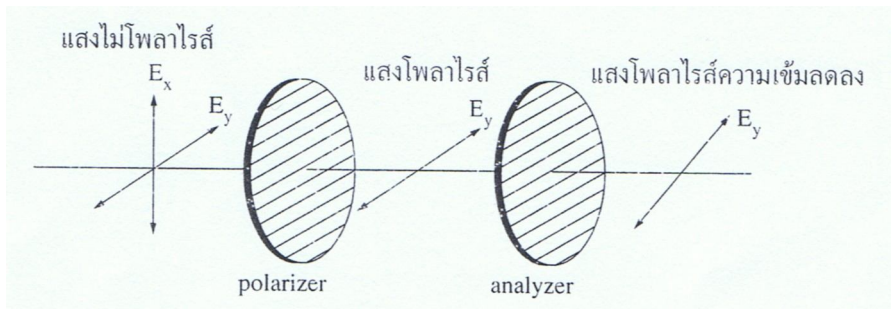
1. ใช้แผ่นโพลาไรซ์ แผ่นโพลาไรซ์เป็นแผ่นที่มีสมบัติยอมให้สนามไฟฟ้าของแสงบางระบบผ่านไปเท่านั้น สนามไฟฟ้าที่ผ่านแผ่นโพลาไรซ์ได้แสดงว่ามีทิศทางการสั่นอยู่แนวเดียวกัน ทิศของโพลาไรส์ (ระนาบที่ยอมให้สนามไฟฟ้า ผ่านไปได้)



รูปแสดงแสงไม่โพลาไรส์เมื่อผ่านแผ่นโพลาไรซ์จะได้แสงโพลาไรส์



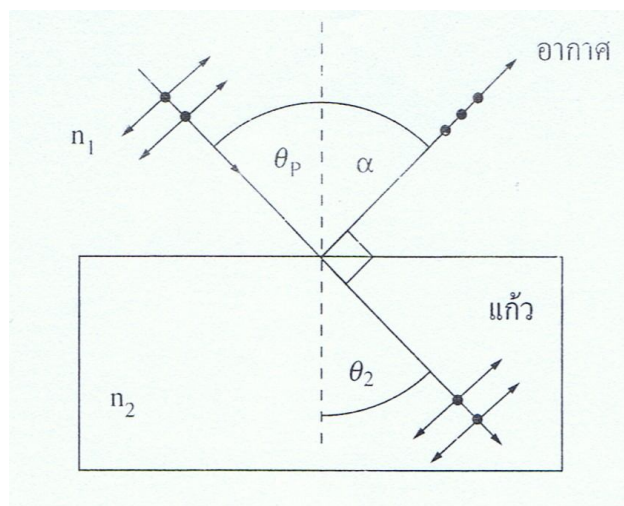
ในกรณีที่ผ่านมาโพลาไรซ์ 2 แผ่น เราสามารถที่จะจัดแผ่นโพลาไรซ์ทั้งสองให้แสงที่ผ่านออกมาโพลาไรซ์ได้มากหรือน้อย ดังรูป



รูปแสดงแสงไม่โพลาไรซ์ เมื่อผ่านแผ่นโพลาไรซ์สองแผ่น

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

2. โดยการสะท้อน เมื่อให้แสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบผิววัตถุ เช่น แก้ว น้ำ หรือกระเบื้อง แสงสะท้อนจะเป็นแสงโพลาไรซ์เมื่อแสงทำมุมตกกระทบเป็นค่าเฉพาะค่าหนึ่ง เรียกมุมตกกระทบนี้ว่า มุมโพลาไรซ์ (polarizing angle) หรือมุมบรูสเตอร์ (Brewster's angle) โดยมุมโพลาไรซ์นี้จะทำให้รังสีสะท้อน (ซึ่งเป็นแสงโพลาไรซ์แล้ว) ทำมุม  $90^\circ$  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 แสดงว่าถ้าให้แสงทึ่มุมตกกระทบ  $\tan^{-1} n$  แสงที่สะท้อนจะเป็นแสงโพลาไรซ์

3. โดยการหักเห เมื่อแสงผ่านเข้าไปผลึกแคลไซต์และควอตซ์ แสงจะมีอัตราเร็วไม่เท่ากันทุกทิศทางแสงที่หักเหผ่านมาจึงแยกออกเป็น 2 แนว เป็นแสงโพลาไรซ์

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

### แบบทดสอบบทที่ 16 เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (O-NET)

- (O-NET49) คลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสถานีวิทยุสองแห่ง มีความถี่ 90 เมกะเฮิรตซ์ และ 100 เมกะเฮิรตซ์ ความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุทั้งสองนี้ต่างกันเท่าใด
  1. 3.33 m
  2. 3.00 m
  3. 0.33 m
  4. 0.16 m
- (O-NET49) ข้อใดเป็นการเรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความยาวคลื่นน้อยไปมากที่สุดที่ถูกต้อง
  1. รังสีเอกซ์ อินฟราเรด ไมโครเวฟ
  2. อินฟราเรด ไมโครเวฟ รังสีเอกซ์
  3. รังสีเอกซ์ ไมโครเวฟ อินฟราเรด
  4. ไมโครเวฟ อินฟราเรด รังสีเอกซ์
- (O-NET49) การฝากสัญญาณเสียงไปกับคลื่นในระบบวิทยุแบบ เอ เอ็ม คลื่นวิทยุที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร
  1. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง
  2. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามความถี่ของคลื่นเสียง
  3. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง
  4. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามความถี่ของคลื่นเสียง
- (O-NET50) มนุษย์อวกาศสองคนปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวดวงจันทร์ สื่อสารกันด้วยวิธีใดสะดวกที่สุด
  1. คลื่นเสียงธรรมดา
  2. คลื่นเสียงอัลตราซาวด์
  3. คลื่นวิทยุ
  4. คลื่นโซนาร์



5. (O-NET50) เมื่อคลื่นเคลื่อนจากตัวกลางที่หนึ่งไปตั้งกลางที่สองโดยอัตราเร็วของคลื่นลดลง ถามว่าสำหรับคลื่นในตัวกลางที่สอง 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 เมกะเฮิรตซ์ มีความยาวคลื่นเท่าใด กำหนดให้ความเร็วของคลื่นวิทยุเท่ากับ  $3.0 \times 10^8$  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. การเกิดกลางวันกลางคืน
11. (O-NET53) ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดมีอัตราเร็วในสุญญากาศเท่ากัน
  2. มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางชนิดต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง
  3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่มีทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก
  4. เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางในตัวกลางที่เปลี่ยนไปอัตราเร็วของคลื่นจะเปลี่ยนไป
12. (O-NET54) เหตุใดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงจัดเป็นคลื่นตามขวาง
1. เพราะสนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า
  2. เพราะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
  3. เพราะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
  4. เพราะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น



14. สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งหนึ่งออกอากาศด้วยคลื่น 100 เมกะเฮิร์ตซ์ถ้าท่านต้องการสร้างสายอากาศสำหรับรับคลื่นของสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งนี้ 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. มีอำนาจในการผ่านทะลุทะลวงสูง      **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. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงคลื่นต่างๆในสเปกตรัม  
 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. รอยดำนั้น มีความเข้มมากกว่ารังสีเอกซ์
  2. รังสีนี้ ถูกปล่อยออกมาตลอดเวลา
  3. รังสีนี้ ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่ารังสีเอกซ์
  4. รังสีนี้ เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก
- 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. ข้อความใดต่อไปนี้อย่างถูกต้องเกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต
- ก. มีประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรค
  - ข. มองเห็นเป็นสีม่วงอ่อนและสามารถผ่านแผ่นแก้วบาง ๆ ได้
  - ค. สามารถทำให้สารเคมีบางชนิดเรืองแสงได้จึงมีการนำไปใช้ส่องเสื้อผ้าที่ทาดด้วยสารเรืองแสงของผู้แสดงบนเวทีจะช่วยให้เห็นเป็นสีส้มที่นำต้นตามากขึ้น
  - 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. แสงสีใดต่อไปนี้ที่มีความถี่น้อยที่สุด
- 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. เมื่อใช้สิ่งกีดขวางต่อไปนี้ กัน รังสีเอ็กซ์ 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. การส่งโทรทัศน์สีใซ้อะไรเป็นแม่สีที่จะทำให้เกิดสีตามธรรมชาติ  
 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. รังสีอินฟราเรดและคลื่นไมโครเวฟมีสิ่งที่เหมือนกันคือ  
 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