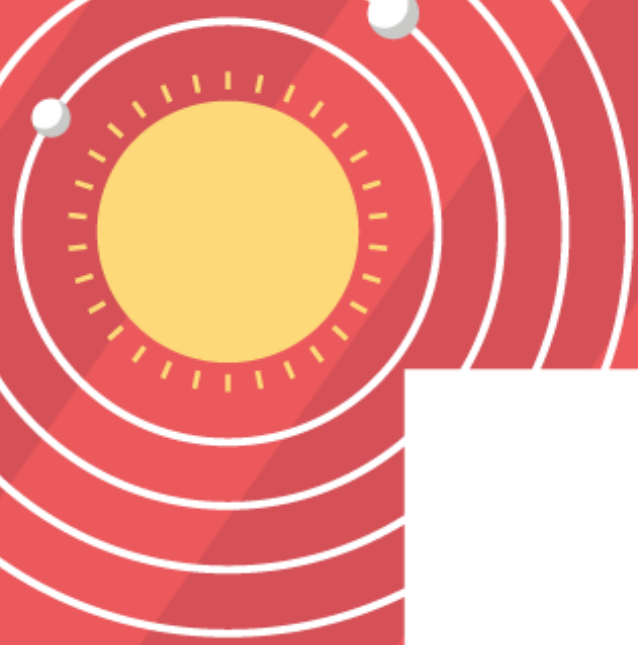


# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

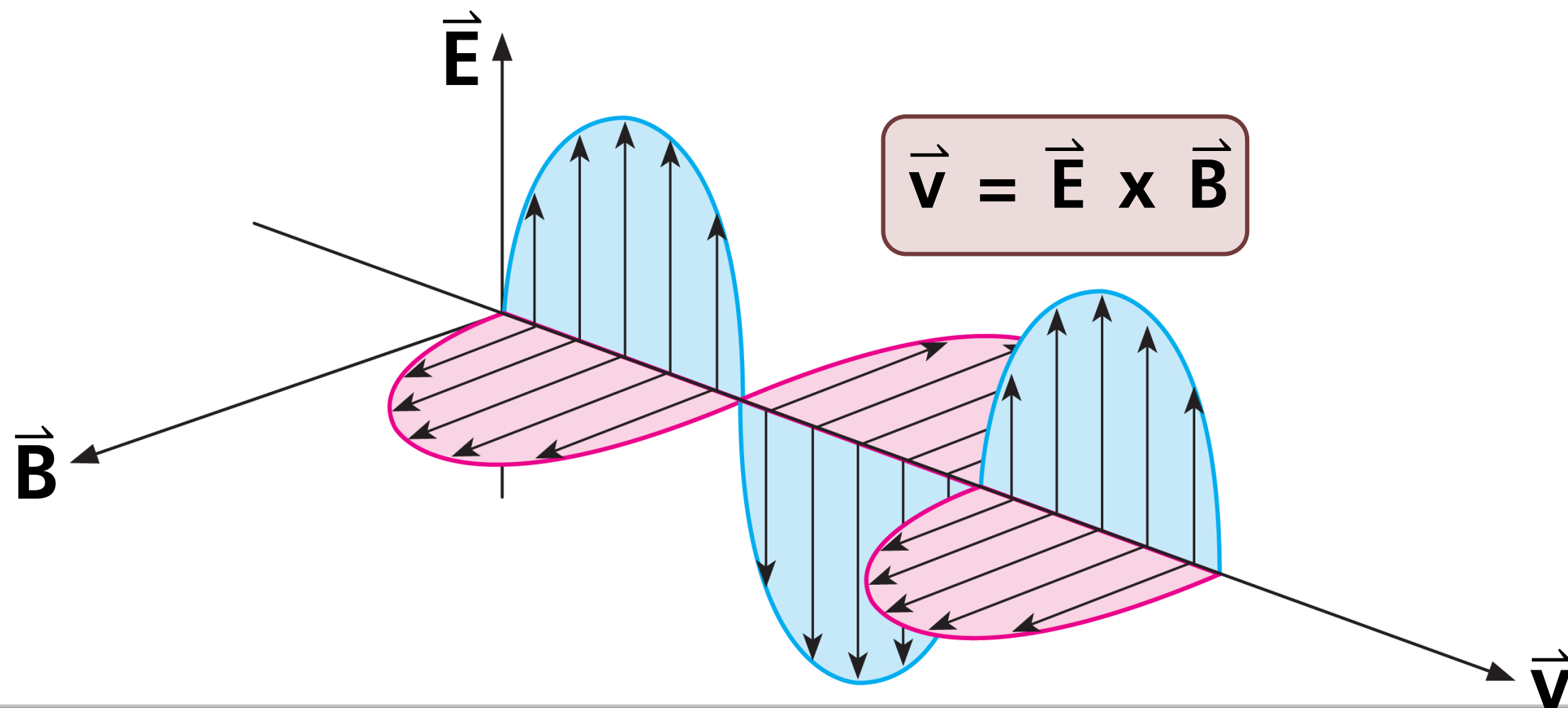
### A. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- การเกิด → เกิดจากการเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่องระหว่างสนามแม่เหล็ก ( $\vec{B}$ ) และสนามไฟฟ้า ( $\vec{E}$ )
- องค์ประกอบ → สนาม  $\vec{B}$  และ  $\vec{E}$  ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดย  $\vec{B} \perp \vec{E} \perp \vec{v}$

# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## A. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- องค์ประกอบ  $\rightarrow$  สนาม  $\vec{B}$  และ  $\vec{E}$  ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดย  $\vec{B} \perp \vec{E} \perp \vec{v}$



# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

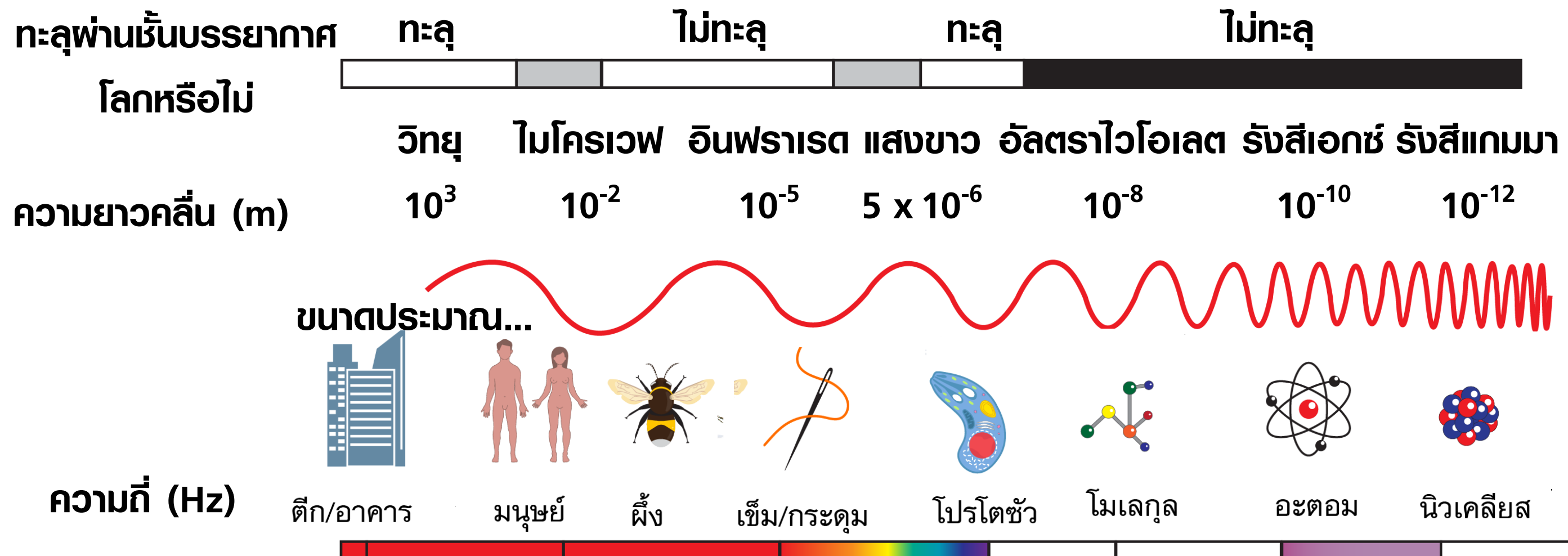
## A. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- สมบัติ
  - เป็นคลื่นที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
  - เป็นคลื่นตามขวาง
  - แพร่ในสุญญากาศด้วยอัตราเร็วแสง  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## A. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

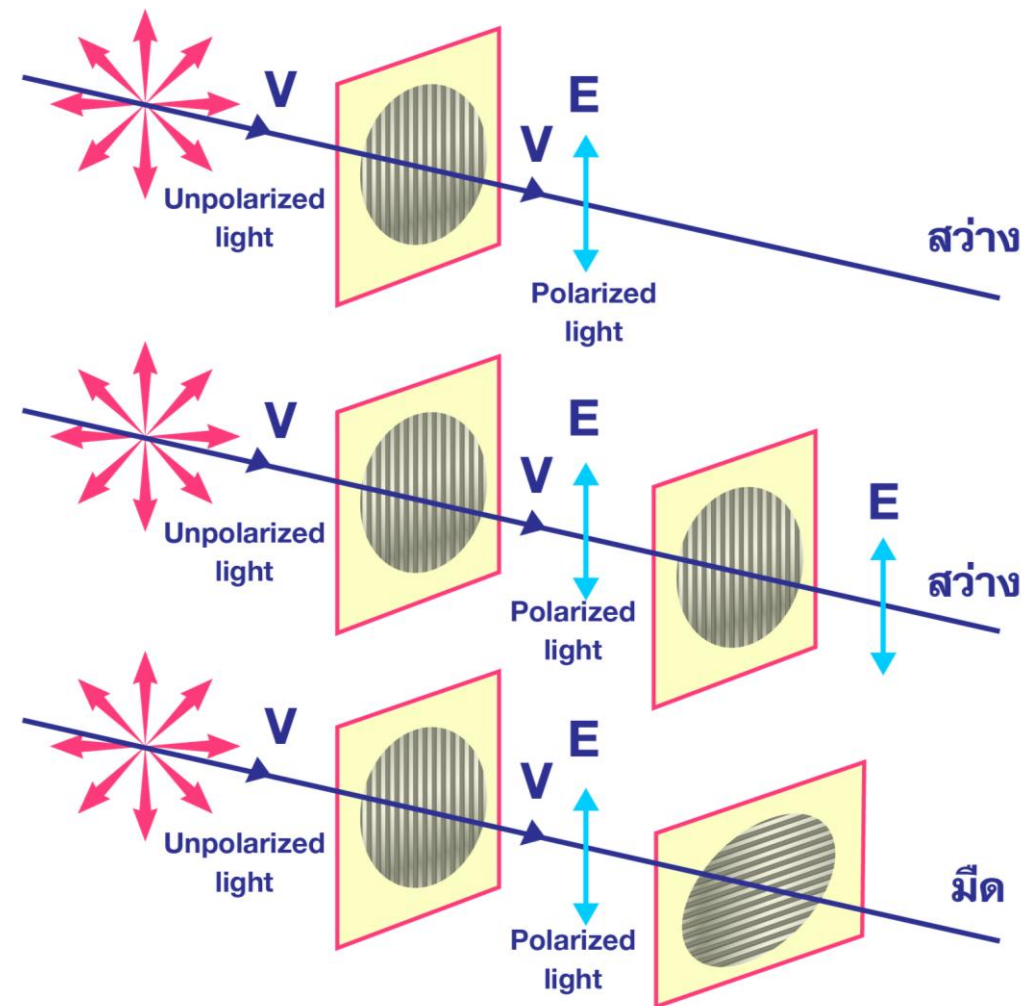
### B. โฟลาโรเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

โฟลาโรเซชัน เป็นปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง  
การทำให้แสงไม่โพลาไรซ์กลายเป็นแสงโพลาไรซ์มีหลักการดังนี้  
(ในระดับ ม.ปลาย เราจะเน้นไปที่การศึกษาโฟลาโรเซชันของแสง)

# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- การดูดกลืนของแสงที่ผ่านแผ่นโพลาไรซ์

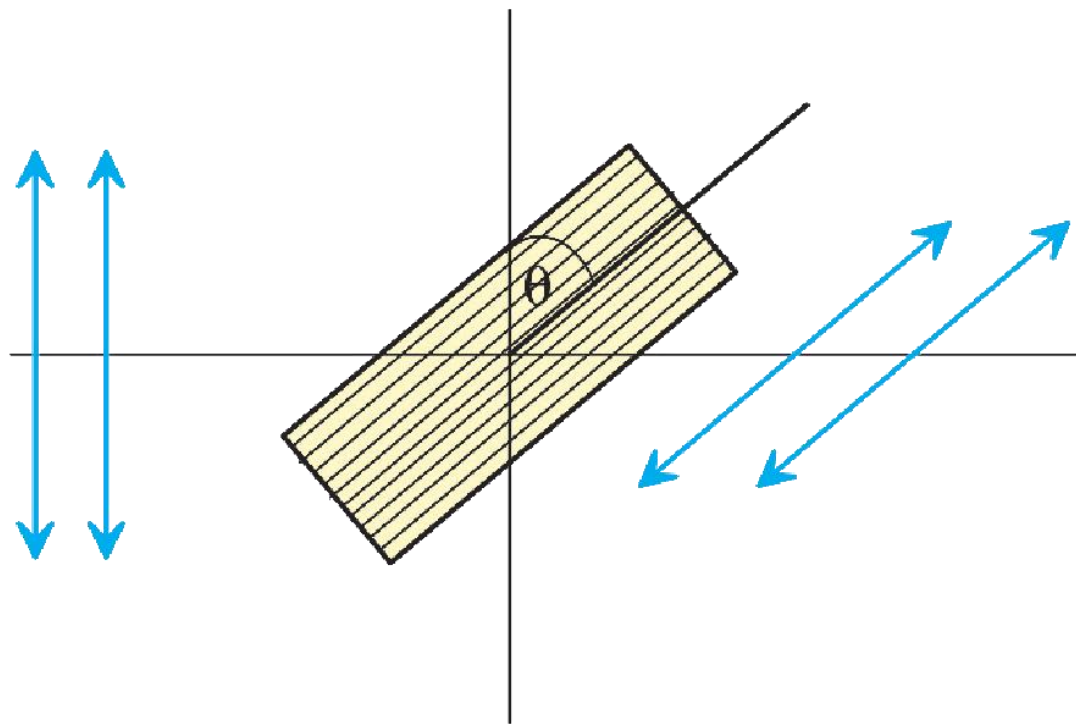
ถ้ามีแผ่นโพลาไรซ์ 2 แผ่นวางตั้งฉากกัน แสงจะผ่านโพลาไรซ์แผ่นที่สองไม่ได้  
จึงเห็นเป็นสีดำมืด แสดงว่าแสงเป็นคลื่นตามขวาง



ถ้านำแผ่นโพลาไรซ์มากขึ้นแสงที่โพลาไรซ์ โดยแกน  
ของแผ่นโพลาไรซ์ไม่ขนานกับแกนของสนามไฟฟ้า  
ของแสง แสงจะผ่านโพลาไรซ์ได้บางส่วน แสงส่วน  
ที่ผ่านแผ่นโพลาไรซ์จะมีระนาบการสั่นขนานกับแกน  
ของโพลาไรซ์

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- การดูดกลืนของแสงที่ผ่านแผ่นโพลาไรซ์



จากรูป  $E_{\text{หลัง}} = E_{\text{ก่อน}} \cos \theta$   
โดย  $E = \text{สนามไฟฟ้า}$

สำหรับคลื่นแสง :  $I \propto E^2$

ก่อนผ่านแผ่นโพลาไรซ์ :  $I_1 \propto E_1^2$

หลังผ่านแผ่นโพลาไรซ์ :  $I_2 \propto E_2^2$

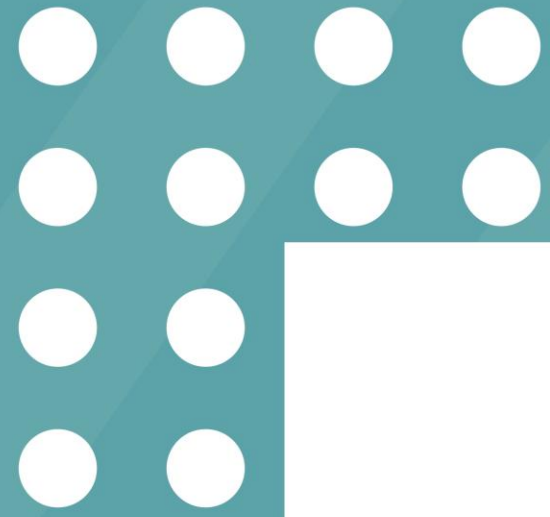
$$I_2 \propto (E_1 \cos \theta)^2$$

$$I_2 \propto E_1^2 \cos^2 \theta$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

โดย  $I = \text{ความเข้มแสง}$





# Exercise



## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

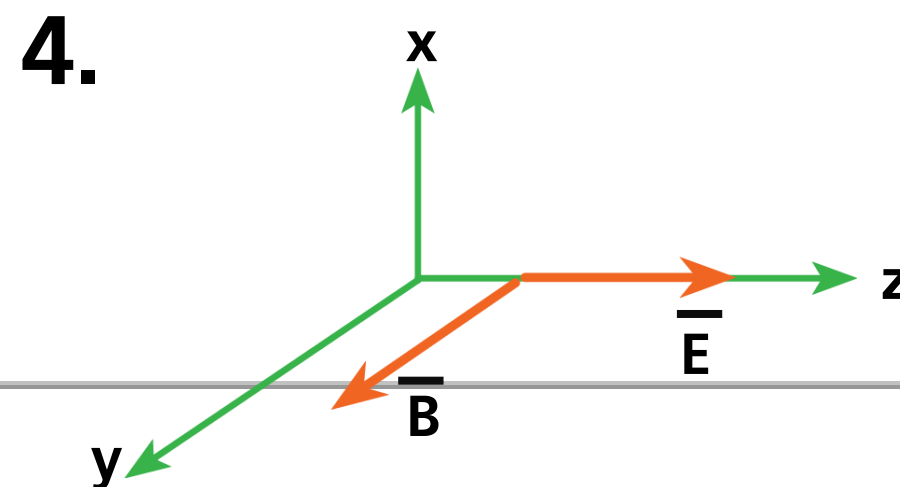
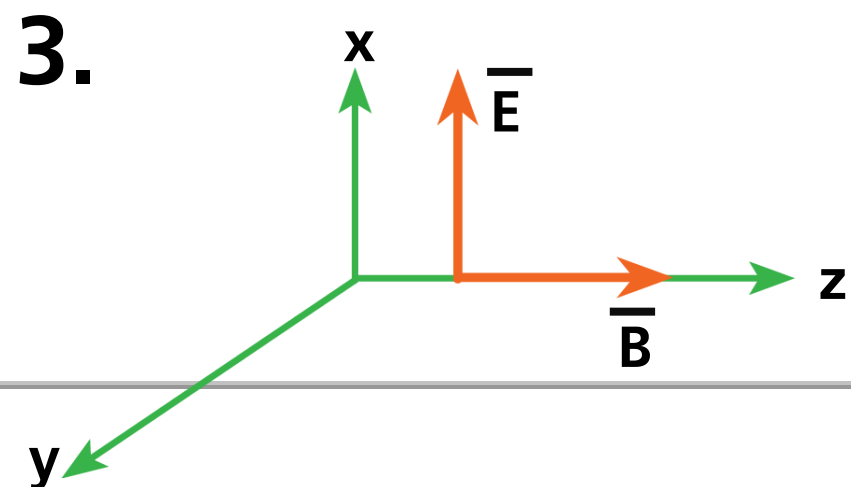
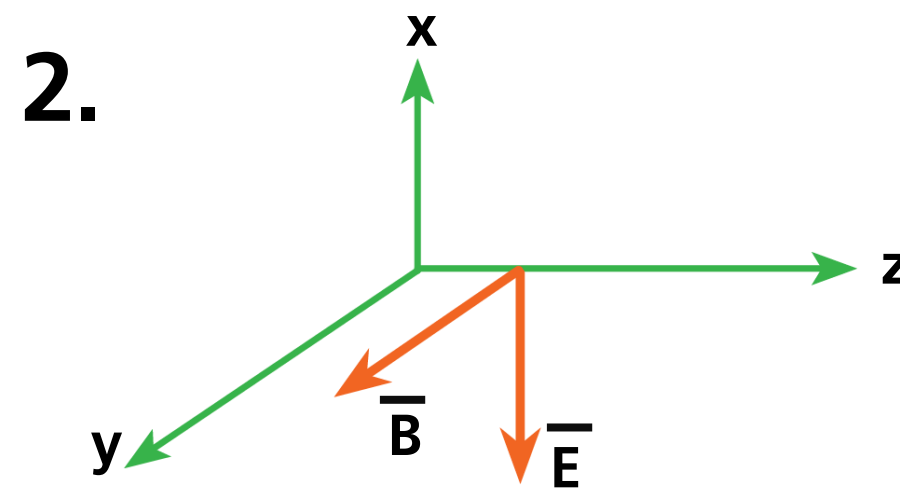
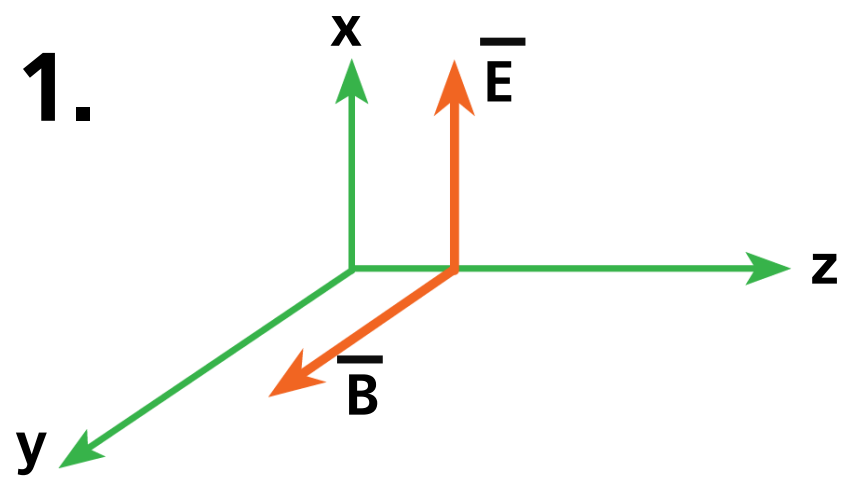
### Exercise

- ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวถูกต้องตามทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
  - ขณะประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือความหน่วง จะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
  - เมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าโดยรอบ ยกเว้นบริเวณนั้นเป็นฉนวน
  - บริเวณรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าจะเกิดสนามแม่เหล็ก
    - ข้อ ก. , ข. และ ค.
    - ข้อ ก. และ ค.
    - ข้อ ค. เท่านั้น
    - คำตอบเป็นอย่างอื่น

# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## Exercise

2. เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปทางแกน  $Z$  ที่เวลา  $t$  ค่าหนึ่ง ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็ก  $\vec{B}$  และสนามไฟฟ้า  $\vec{E}$  ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเป็นไปตามข้อใด



## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศ  $+z$  ที่ตำแหน่งหนึ่งและเวลาหนึ่ง  
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทิศของสนามไฟฟ้าในทิศ  $-x$  ที่ตำแหน่งและ  
เวลาดังกล่าวจะมีทิศของสนามแม่เหล็กในทิศใด

1.  $+x$

2.  $+y$

3.  $-y$

4.  $-z$

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศ  $+z$  ที่ตำแหน่งหนึ่งและเวลาหนึ่ง  
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทิศของสนามไฟฟ้าในทิศ  $-x$  ที่ตำแหน่งและ  
เวลาดังกล่าวจะมีทิศของสนามแม่เหล็กในทิศใด

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ไปในทิศ  $+z$  ที่ตำแหน่งหนึ่งและเวลาหนึ่ง  
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทิศของสนามไฟฟ้าในทิศ  $-x$  ที่ตำแหน่งและ  
เวลาดังกล่าวจะมีทิศของสนามแม่เหล็กในทิศใด

1.  $+x$

2.  $+y$

3.  $-y$

4.  $-z$

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

4. ถ้าคลื่นวิทยุในอากาศมีอัตราเร็ว  $3 \times 10^8$  เมตร/วินาที และความถี่ 500 กิโลเฮิรตซ์ คลื่นวิทยุนี้มีความยาวคลื่นเท่าใดในหน่วยของเมตร

1.  $1.67 \times 10^{-3}$

2.  $3.33 \times 10^{-5}$

3.  $6.00 \times 10^2$

4.  $8.00 \times 10^4$

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

4. ถ้าคลื่นวิทยุในอากาศมีอัตราเร็ว  $3 \times 10^8$  เมตร/วินาที และความถี่ 500 กิโลเฮิรตซ์ คลื่นวิทยุนี้มีความยาวคลื่นเท่าใดในหน่วยของเมตร



## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

4. ถ้าคลื่นวิทยุในอวกาศมีอัตราเร็ว  $3 \times 10^8$  เมตร/วินาที และความถี่ 500 กิโลเฮิรตซ์ คลื่นวิทยุนี้มีความยาวคลื่นเท่าใดในหน่วยของเมตร

1.  $1.67 \times 10^{-3}$

2.  $3.33 \times 10^{-5}$

3.  $6.00 \times 10^2$

4.  $8.00 \times 10^4$

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

5. คลื่นต่อไปนี้เป็นชนิดใดที่มีความถี่สูงสุด

1. รังสีแกมมา
2. รังสีอัลตราไวโอเล็ต
3. ไมโครเวฟ
4. คลื่นวิทยุ

6. การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อไปนี้  
ข้อใดมีความยาวคลื่นสั้นที่สุด

1. รังสีแกมมา
2. แสงที่ตามองเห็น
3. ไมโครเวฟ
4. รังสีอัลตราไวโอเล็ต

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

7. กำหนดให้  $t_1$ ,  $t_2$  และ  $t_3$  เป็นเวลาที่คลื่นเสียง (ความถี่  $2 \times 10^4$  เฮิรตซ์) คลื่นวิทยุ (ความถี่  $10^4$ - $10^9$  เฮิรตซ์) และคลื่นไมโครเวฟ (ความถี่  $10^8$  -  $10^{12}$  เฮิรตซ์) เดินทางในระยะทางที่เท่ากันตามลำดับ ข้อใดถูกต้อง

1.  $t_1 > t_2 > t_3$

2.  $t_1 < t_2 < t_3$

3.  $t_1 = t_2 = t_3$

4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

- กำหนดให้  $t_1$ ,  $t_2$  และ  $t_3$  เป็นเวลาที่คลื่นเสียง (ความถี่  $2 \times 10^4$  เฮิรตซ์) คลื่นวิทยุ (ความถี่  $10^4$ - $10^9$  เฮิรตซ์) และคลื่นไมโครเวฟ (ความถี่  $10^8$  -  $10^{12}$  เฮิรตซ์) เดินทางในระยะทางที่เท่ากันตามลำดับ ข้อใดถูกต้อง

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

7. กำหนดให้  $t_1$ ,  $t_2$  และ  $t_3$  เป็นเวลาที่คลื่นเสียง (ความถี่  $2 \times 10^4$  เฮิรตซ์) คลื่นวิทยุ (ความถี่  $10^4$ - $10^9$  เฮิรตซ์) และคลื่นไมโครเวฟ (ความถี่  $10^8$  -  $10^{12}$  เฮิรตซ์) เดินทางในระยะทางที่เท่ากันตามลำดับ ข้อใดถูกต้อง

1.  $t_1 > t_2 > t_3$

2.  $t_1 < t_2 < t_3$

3.  $t_1 = t_2 = t_3$

4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

8. ข้อใดเป็นลักษณะของสัญญาณเอเอ็ม

1. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดคงที่ ความถี่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
2. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
3. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่ไม่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
4. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่ไม่คงที่ และไม่สะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

9. เหตุใดจึงไม่เกิดโฟลาริชชันในคลื่นเสียง
  1. เสียงเป็นคลื่นตามยาว
  2. เสียงมีหน้าคลื่นเป็นทรงกลม
  3. เสียงเป็นคลื่นกลที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
  4. เสียงมีอัตราเร็วไม่คงที่ มีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของตัวกลาง

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

10. กำหนดให้แสงโพลาไรซ์มีแกนโพลาไรซ์อยู่ในแนวตั้ง และทำการทดลอง 2 การทดลอง ต่อไปนี้ การทดลองที่ 1 ให้แสงโพลาไรซ์ตกกระทบแผ่นโพลาไรซ์ที่มีแกนโพลาไรซ์ทำมุม  $90^\circ$  กับแนวตั้ง การทดลองที่ 2 ให้แสงโพลาไรซ์ตกกระทบแผ่นโพลาไรซ์แผ่นที่หนึ่งที่มีแกนโพลาไรซ์ทำมุม  $30^\circ$  กับแนวตั้ง จากนั้นผ่านไปยังแผ่นโพลาไรซ์แผ่นที่สองที่มีแกนโพลาไรซ์ทำมุม  $60^\circ$  กับแกนโพลาไรซ์ของแผ่นที่หนึ่งข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความเข้มของแสงที่ผ่านออกมา
1. ไม่มีแสงผ่านออกมาในทั้งสองการทดลอง
  2. ความเข้มของแสงในทั้งสองการทดลองมีค่าเท่ากัน
  3. ความเข้มของแสงในการทดลองที่ 1 มีค่ามากกว่า
  4. ความเข้มของแสงในการทดลองที่ 2 มีค่ามากกว่า



# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## Exercise

10. (ต่อ)

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

10. กำหนดให้แสงโพลาไรซ์มีแกนโพลาไรซ์อยู่ในแนวตั้ง และทำการทดลอง 2 การทดลอง ต่อไปนี้ การทดลองที่ 1 ให้แสงโพลาไรซ์ตกกระทบแผ่นโพลาไรซ์ที่มีแกนโพลาไรซ์ทำมุม  $90^\circ$  กับแนวตั้ง การทดลองที่ 2 ให้แสงโพลาไรซ์ตกกระทบแผ่นโพลาไรซ์แผ่นที่หนึ่งที่มีแกนโพลาไรซ์ทำมุม  $30^\circ$  กับแนวตั้ง จากนั้นผ่านไปยังแผ่นโพลาไรซ์แผ่นที่สองที่มีแกนโพลาไรซ์ทำมุม  $60^\circ$  กับแกนโพลาไรซ์ของแผ่นที่หนึ่งข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความเข้มของแสงที่ผ่านออกมา
1. ไม่มีแสงผ่านออกมาในทั้งสองการทดลอง
  2. ความเข้มของแสงในทั้งสองการทดลองมีค่าเท่ากัน
  3. ความเข้มของแสงในการทดลองที่ 1 มีค่ามากกว่า
  4. ความเข้มของแสงในการทดลองที่ 2 มีค่ามากกว่า

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

11. เมื่อนำโพลารอยด์ 2 แผ่น วางซ้อนกันโดยให้แกนของแผ่นทั้งสองตั้งฉากกัน ส่งดูแสงไม่โพลาไรซ์หลังแผ่นที่ 2 พบว่า ไม่มีแสงผ่านออกมาเลย ถ้าต้องการให้แสงบางส่วนลอดออกมาได้ควรนำแผ่นโพลารอยด์แผ่นที่ 3 ไว้ที่ใด
1. หน้าแผ่นที่ 1 โดยที่แกนไม่ขนานกับแกนของแผ่นที่ 1 หรือแผ่นที่ 2
  2. ระหว่างแผ่นทั้งสอง โดยที่แกนไม่ขนานกับแกนของแผ่นที่ 1 หรือแผ่นที่ 2
  3. ระหว่างแผ่นทั้งสอง โดยที่แกนทำมุมใดๆ ก็ได้กับแผ่นที่ 1
  4. หลังแผ่นที่ 2 โดยที่แกนทำมุมใดๆ ก็ได้กับแผ่นที่ 2

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

11. เมื่อนำโพลาไรซ์ 2 แผ่น วางซ้อนกันโดยให้แกนของแผ่นทั้งสองตั้งฉากกัน ส่งดูแสงไม่โพลาไรซ์หลังแผ่นที่ 2 พบว่า ไม่มีแสงผ่านออกมาเลย ถ้าต้องการให้แสงบางส่วนลอดออกมาได้ควรนำแผ่นโพลาไรซ์แผ่นที่ 3 ไว้ที่ใด

## คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### Exercise

11. เมื่อนำโพลารอยด์ 2 แผ่น วางซ้อนกันโดยให้แกนของแผ่นทั้งสองตั้งฉากกัน ส่งดูแสงไม่โพลาไรซ์หลังแผ่นที่ 2 พบว่า ไม่มีแสงผ่านออกมาเลย ถ้าต้องการให้แสงบางส่วนลอดออกมาได้ควรนำแผ่นโพลารอยด์แผ่นที่ 3 ไว้ที่ใด
1. หน้าแผ่นที่ 1 โดยที่แกนไม่ขนานกับแกนของแผ่นที่ 1 หรือแผ่นที่ 2
  2. ระหว่างแผ่นทั้งสอง โดยที่แกนไม่ขนานกับแกนของแผ่นที่ 1 หรือแผ่นที่ 2
  3. ระหว่างแผ่นทั้งสอง โดยที่แกนทำมุมใดๆ ก็ได้กับแผ่นที่ 1
  4. หลังแผ่นที่ 2 โดยที่แกนทำมุมใดๆ ก็ได้กับแผ่นที่ 2