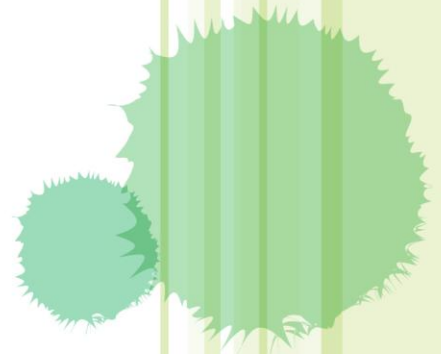




ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 3



บทที่ 13 ไฟฟ้าสถิต
บทที่ 14 ไฟฟ้ากระแส



คำนำ

หนังสือเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์ของครูโกเอก (นายเอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์) ครูโกเอกได้จัดเรียงเนื้อหาและโจทย์ปัญหาเป็นลำดับขั้นจากง่ายไปยาก ซึ่งนักเรียนจะเข้าใจวิชาฟิสิกส์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำข้อสอบได้

ครูโกเอกได้จัดทำสารบัญเพื่อให้นักเรียนสามารถจัดเวลาในการเรียนได้สะดวกขึ้น โดยระบุว่าแต่ละคอร์สมีวิดีโอกี่ครั้ง และแต่ละครั้งมีจำนวนชั่วโมงเรียนเท่าใด ซึ่งได้ระบุหน้าของเอกสารการเรียนต่อท้ายไว้ด้วย นักเรียนควรทำแบบฝึกหัดท้ายเรื่องที่เรียน เพื่อเป็นการเสริมประสบการณ์ในการทำโจทย์และทำให้เข้าใจมากขึ้น หากมีปัญหาหรือข้อสงสัยในเนื้อหาวิชา สามารถถามได้ที่ facebook/ฟิสิกส์โกเอก

ครูโกเอกหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคอร์สเรียนและเอกสารการเรียนที่จัดทำขึ้นนี้จะให้ประโยชน์กับนักเรียน และขอให้นักเรียนทุกคนประสบความสำเร็จในการเรียนและการสอบเข้าทุกระดับ

ครูโกเอก

(นายเอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์)

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 3
บทที่ 13. ไฟฟ้าสถิต

สารบัญ บทที่ 13. ไฟฟ้าสถิต

VDO ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	เรื่องที่สอน	หน้า
VDO ครั้งที่ 1	1:57	1. ประจุไฟฟ้าและการเหนี่ยวนำ	1 – 9
VDO ครั้งที่ 2	2:06	2. แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์	11 – 15
VDO ครั้งที่ 3	2:10	3. สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ 4. ศักย์ไฟฟ้า	18 – 27
VDO ครั้งที่ 4	2:06	5. สนามไฟฟ้าจากแผ่นตัวนำคู่ขนาน	28 – 39
VDO ครั้งที่ 5	1:43	6. สนามไฟฟ้าจากตัวนำทรงกลม 7. งานในการย้ายประจุไฟฟ้า	40 – 47
VDO ครั้งที่ 6	1:54	8. ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า	48 – 57
VDO ครั้งที่ 7	2:05	9. การถ่ายเทประจุ	57 – 65
VDO ครั้งที่ 8	0:40	9. การถ่ายเทประจุ	65 – 69
VDO ครั้งที่ 9	1:44	สรุปไฟฟ้าสถิต	
VDO ครั้งที่ 10	1:26	เฉลยแบบทดสอบไฟฟ้าสถิต	ชี้ทดสอบ

บทที่ 13. ไฟฟ้าสถิต

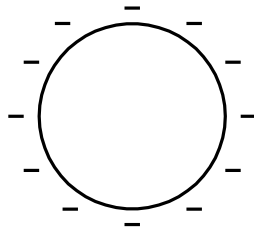
1. ประจุไฟฟ้าและการเหนี่ยวนำ

1. ประจุไฟฟ้า

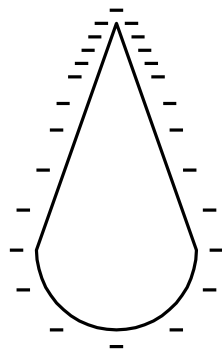
1. ประจุไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ประจุบวก (+) และ ประจุลบ (-)

อนุภาค	มวล (kg)	ประจุไฟฟ้า (C)
อิเล็กตรอน (e)	9.1×10^{-31} kg	-1.6×10^{-19} C
โปรตรอน (p)	1.67×10^{-27} kg	$+1.6 \times 10^{-19}$ C
นิวตรอน (n)	1.67×10^{-27} kg	-

2. ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะผลักกัน ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะดูดกัน
 3. ประจุไฟฟ้าจะกระจายสม่ำเสมอ บนผิวนอกของตัวนำที่มีลักษณะผิวสม่ำเสมอ เช่น ทรงกลม



4. ประจุไฟฟ้าจะรวมกันอยู่มาก บริเวณที่เป็นปลายแหลม



5. กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า “การทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้า ไม่ใช่เป็นการสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นใหม่ แต่เป็นเพียงการย้ายประจุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยที่ผลรวมของจำนวนประจุทั้งหมดของระบบที่พิจารณาคงเท่าเดิมเสมอ”

2. การทำให้เกิดประจุอิสระบนวัตถุ

2.1 การนำวัตถุสองชนิดมาถูกัน

พลังงานความร้อนที่เกิดจากงานของแรงเสียดทานจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากอะตอมของวัตถุหนึ่งไปอยู่บนอะตอมของอีกวัตถุหนึ่ง วัตถุแรกจึงมีประจุเป็นบวก และวัตถุหลังมีประจุเป็นลบ



1	แก้ว
2	เส้นผมคน
3	เปอร์สเปกซ์
4	ไนลอน
5	ผ้าสักหลาด
6	ผ้าไหม
7	ผ้าฝ้าย
8	อำพัน
9	พอลิไวนิลครอไรด์
10	เทฟลอน

ตารางแสดงประจุบวก/ลบ ที่เกิดขึ้นของวัตถุสองชนิดที่มากถูกัน
วัตถุที่อยู่ลำดับน้อย (บน) จะเป็นบวก ลำดับมาก (ล่าง) จะ

ตัวนำไฟฟ้า (Conductors) คือ วัสดุที่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านโดยอิสระ
เมื่อตัวนำได้รับประจุ ประจุจะถ่ายโอนไปตลอดเนื้อวัตถุโดยง่าย

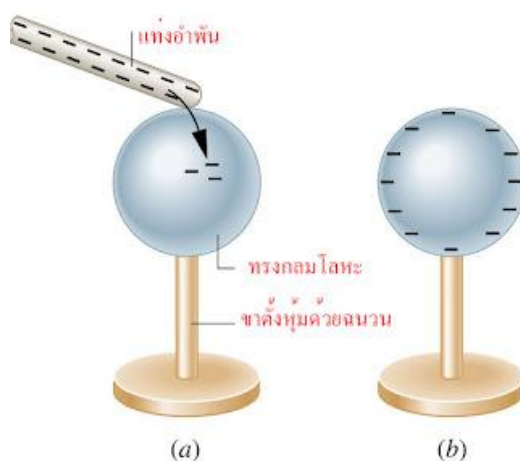
ฉนวน (Insulators) คือ วัสดุที่ไม่ยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านโดยอิสระ
เมื่อฉนวนได้รับประจุ ประจุจะไม่เคลื่อนที่ในเนื้อวัตถุ

“ประจุอิสระจะค้างอยู่บนฉนวนเท่านั้น”

2.2 การถ่ายโอนประจุของตัวนำ (การสัมผัสกัน)

เมื่อตัวนำ 2 ตัว มาสัมผัสกัน จะเกิดการถ่ายโอนประจุ ตามกฎอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า ดังนี้

1. ศักย์ไฟฟ้าหลังสัมผัสของตัวนำทั้งสองต้องเท่ากัน
2. ประจุไฟฟ้ารวมก่อนสัมผัส เท่ากับ ประจุไฟฟ้ารวมหลังสัมผัส
3. ประจุหลังสัมผัสบนตัวนำทั้งสองต้องเป็นชนิดเดียวกัน
4. ประจุหลังสัมผัสบนตัวนำทั้งสองไม่จำเป็นต้องเท่ากัน (ขึ้นกับขนาดตัวนำ)



2.3 การเหนี่ยวนำ

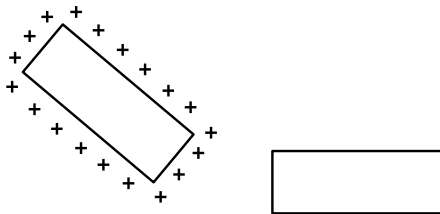
นำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าอยู่แล้วมาใกล้ตัวนำที่ไม่มีประจุ จะเกิดการเหนี่ยวนำ

หลักการของการทำให้ตัวนำมีประจุโดยการเหนี่ยวนำ

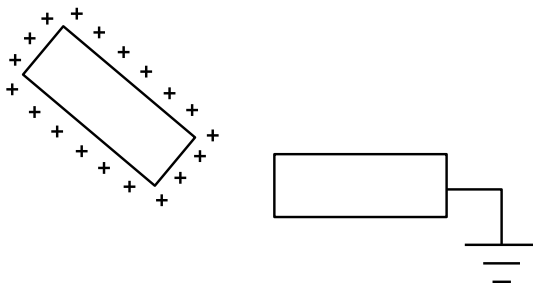
1. ประจุที่เกิดขึ้นเป็นชนิดตรงข้ามกับประจุบนตัวนำที่นำมาใช้
2. การเหนี่ยวนำ ตัวนำที่นำมาใช้ไม่สูญเสียประจุไฟฟ้า

ขั้นตอนการทำให้ตัวนำมีประจุไฟฟ้า

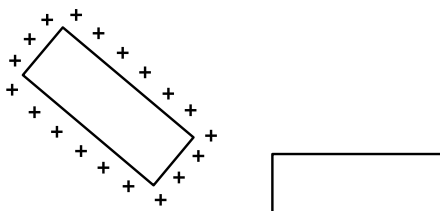
1. นำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้ตัวนำที่ไม่มีประจุ



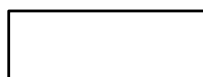
2. ต่อสายดินกับตัวนำ



3. นำสายดินออก



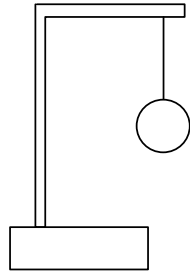
4. นำตัวนำที่มีประจุออก



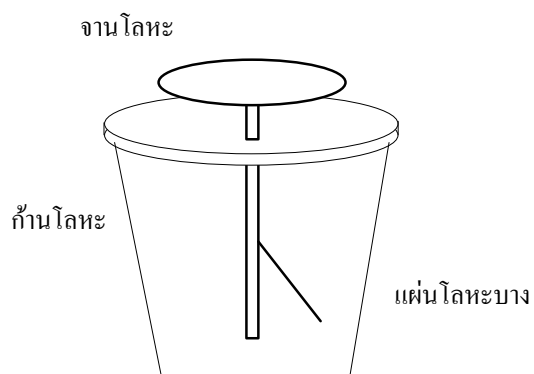
3. การตรวจสอบประจุไฟฟ้า

อุปกรณ์ตรวจสอบประจุไฟฟ้าเรียกว่า อิเล็กโทรสโคป (electroscope) อาศัยหลักการผลักรันของประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน และการดูดกันของประจุชนิดตรงข้ามกัน

3.1 อิเล็กโทรสโคปแบบลูกพิธ (pith ball electroscope)

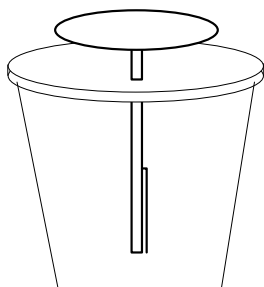


3.2 อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะ (leaf electroscope)



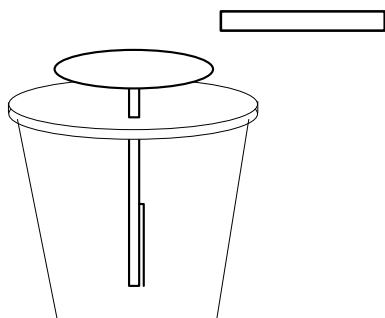
1. ถ้าต้องการตรวจวัตถุใดว่ามีประจุไฟฟ้าหรือไม่

ขั้นตอนที่ 1 ทำให้เหล็กโทรสโคปเป็นกลางทางไฟฟ้า

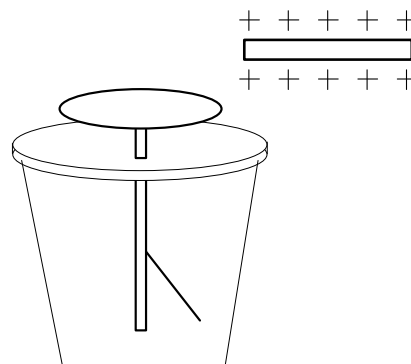


ขั้นตอนที่ 2 นำวัตถุที่ต้องการตรวจสอบเข้าใกล้จานโลหะ

2.1 วัตถุไม่มีประจุไฟฟ้าเข้าใกล้

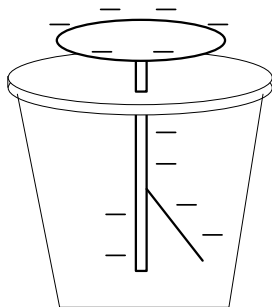


2.2 วัตถุมีประจุไฟฟ้าเข้าใกล้



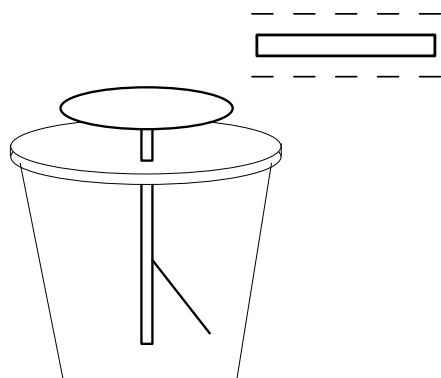
2 ถ้าต้องการตรวจชนิดของประจุไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 1 ทำให้อิเล็กโทรสโคปมีประจุไฟฟ้าที่ทราบชนิด

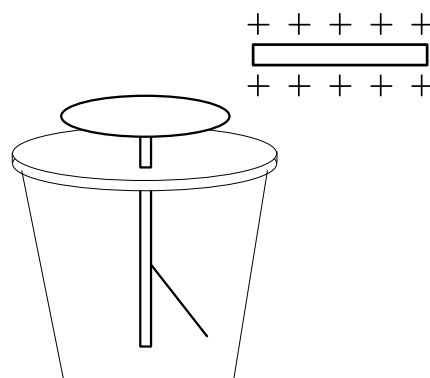


ขั้นตอนที่ 2 นำวัตถุที่ต้องการตรวจสอบเข้าใกล้จานโลหะ

2.1 วัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกับอิเล็กโทรสโคป



2.2 วัตถุที่มีประจุตรงข้ามกับอิเล็กโทรสโคป



Ex1 ถ้ามีลูกพิธอยู่ 3 ลูกเมื่อทดลองนำลูกพิธเข้าใกล้กันทีละคู่จนครบ 3 คู่ปรากฏว่าแรงกระทำระหว่างลูกพิธทั้ง 3 คู่เป็นแรงดูด จะสรุปได้ว่าอย่างไร

Ex2 เมื่อนำสาร A มาถูกับสาร B พบว่าสาร A มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น สาร A ต้องเป็นสารชนิดใด

1. ตัวนำ
2. ฉนวน
3. กึ่งตัวนำ
4. โลหะ

Ex3 ถ้าจับแท่งโลหะถูกับผ้าขนสัตว์ ผลที่เกิดขึ้นคือ (ถือว่าคนเป็นตัวนำและยืนเท้าเปล่าบนพื้น)

1. จะเกิดประจุอิสระบนแท่งโลหะและผ้าขนสัตว์
2. ไม่เกิดประจุอิสระทั้งบนแผ่นโลหะและผ้าขนสัตว์
3. จะเกิดประจุอิสระเฉพาะกับผ้าขนสัตว์
4. จะเกิดประจุอิสระเฉพาะแท่งโลหะ

Ex4 เมื่อนำแท่ง PVC ที่ถูกับผ้าสักหลาด แล้วไปวางใกล้ ๆ กับลูกพิธที่เป็นกลางทางไฟฟ้า จะเกิดข้อใด

1. ลูกพิธจะหยุดนิ่ง
2. ลูกพิธจะเคลื่อนที่เข้าหาแท่ง PVC
3. ลูกพิธจะเคลื่อนที่ออกห่างจากแท่ง PVC
4. ลูกพิธจะเคลื่อนที่เข้าหาแท่ง PVC ในตอนแรกแล้วจะเคลื่อนที่ออกไปในภายหลัง

Ex5 A มีประจุบวก B เป็นกลาง โยง A และ B ด้วยลวดตัวนำ ข้อใดถูก

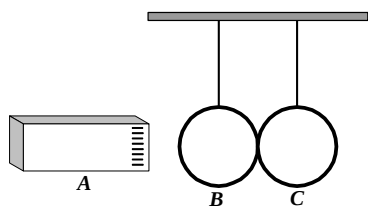
1. ประจุบวกจาก A เคลื่อนที่ไป B
2. หลังจากถ่ายเทประจุ A และ B มีประจุเท่ากัน
3. หลังจากถ่ายเทประจุ A และ B มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน
4. หลังจากถ่ายเทประจุ A และ B มีความจุไม่เท่ากัน

Ex6 นำวัตถุที่สงสัยเข้าใกล้ลวดเล็กโตรสโคปแบบลูกพิธ ถ้าลูกพิธเบนเข้าหาวัตถุ จะสรุปได้ว่าอย่างไร

Ex7 เมื่อให้ประจุอิสระแก่จานโลหะ A ของอิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นโลหะ แล้วนำวัตถุ B ซึ่งมีประจุเข้ามาล่อใกล้จาน A ปรากฏว่าแผ่นโลหะของอิเล็กโตรสโคปกางน้อยลง เมื่อนำวัตถุ B เข้าใกล้จาน A เข้าไปอีกแผ่นโลหะจะยิ่งหุบลง และถ้าเลื่อนวัตถุ B เข้าใกล้ยิ่งขึ้น แผ่นโลหะจะเริ่มกางออก จงหาประจุบนจานโลหะ A และ วัตถุ B

Ex8 นำทรงกลมตัวนำ B และ C มาแตะกัน พร้อมทั้งนำวัตถุ A ซึ่งมีประจุลบมาเหนี่ยวนำ หลังจากนั้นแยกทรงกลมตัวนำ B และ C ออกจากกัน โดย A ยังล่ออยู่ เมื่อนำ A ออกจงหาประจุบน B และ C

Ex9 นำทรงกลมตัวนำ B และ C มาแตะกัน พร้อมทั้งนำวัตถุ A ซึ่งมีประจุลบมาเหนี่ยวนำ หลังจากนั้นเอานิ้วแตะทรงกลม C โดยที่ A ยังล่ออยู่ เมื่อนิ้วออก เอาวัตถุ A ออก หลังจากนั้นค่อยแยกทรงกลม B และ C จงหาประจุบน B และ C



Ex10 ตัวนำทรงกลม A, B, C, D มีขนาดเท่ากัน และ เป็นกลางทางไฟฟ้า วางติดกันตามลำดับอยู่บนฉนวนไฟฟ้า นำแท่งประจุลบเข้าใกล้ทรงกลม D แล้วแยกให้ออกจากกันทีละลูก โดยเริ่มจาก A ก่อนจะกระทั่งถึง C หลังจากแยกกันแล้ว ประจุที่อยู่บนทรงกลมแต่ละลูกเป็นอย่างไร

Ex11 ถ้าต้องการให้อิเล็กโตรสโคปแบบแผ่นโลหะมีประจุบวก ควรมีขั้นตอนอย่างไร (จงเรียงลำดับ)

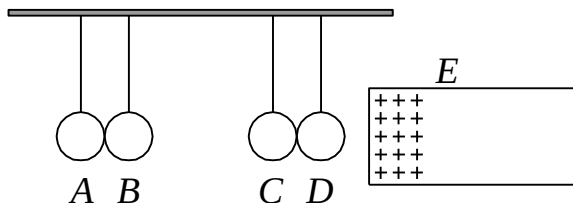
- ก. นำวัตถุที่มีประจุบวกเข้าใกล้จานโลหะของอิเล็กโตรสโคป
- ข. นำวัตถุที่มีประจุลบเข้าใกล้จานโลหะของอิเล็กโตรสโคป
- ค. ต่อสายดินกับจานโลหะของอิเล็กโตรสโคป
- ง. ดึงวัตถุที่มีประจุบวกออก
- จ. ดึงวัตถุที่มีประจุลบออก
- ฉ. ดึงสายดินออก

.....

Ex12 ข้อใดเป็นผลที่ได้จากการทำประจุอิสระโดยการเหนี่ยวนำ

1. ประจุอิสระที่เกิดขึ้นบนตัวนำ จะเป็นประจุชนิดตรงข้าม กับประจุของวัตถุที่นำมาล่อ
2. ประจุไฟฟ้ารวมทั้งหมดก่อนเหนี่ยวนำกับหลังเหนี่ยวนำ จะต้องมามีค่าเท่ากัน
3. วัตถุที่มีประจุอิสระที่นำมาล่อ จะไม่เสียประจุไฟฟ้าเลย ในการเหนี่ยวนำ
4. ถูกมากกว่า 1 ข้อ

Ex13 ทรงกลมโลหะตัวนำ 4 ลูกแขวนด้วยเชือกที่เป็นฉนวนไฟฟ้า นำแท่งวัตถุที่มีประจุบวก (E) มาล่อทรงกลม D ดังรูป แล้วใช้นิ้วแตะทรงกลม A ชั่วขณะหนึ่ง ถ้านำ E ออกไป จงหาประจุบนทรงกลมตัวนำทั้ง 4

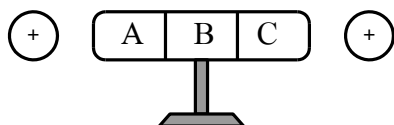


การบ้าน 13.1 ประจุไฟฟ้าและการเหนี่ยวนำ

1. A, B และ C เป็นแผ่นวัตถุ 3 ชนิดที่ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าโดยการถู ซึ่งได้ผลดังนี้ A และ B ผลักกัน ส่วน A และ C ดึงดูดกัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง (Onet49)

1. A และ C มีประจุบวก แต่ B มีประจุลบ
2. B และ C มีประจุลบ แต่ A มีประจุบวก
3. A และ B มีประจุบวก แต่ C มีประจุลบ
4. A และ C มีประจุลบ แต่ B มีประจุบวก

2. โลหะทรงกระบอกยาวปลายมนเป็นกลางทางไฟฟ้า ตั้งอยู่บนฐานที่เป็นฉนวน ถ้านำประจุบวกขนาดเท่ากันมาใกล้กันทั้งสองข้างพร้อมกัน โดยมีระยะห่างจากปลายเท่า ๆ กัน ตามลำดับ การกระจายของประจุบนส่วน A ส่วน B และส่วน C ของทรงกระบอกเป็นอย่างไร (Ent34)



1. A และ C เป็นลบ แต่ B เป็นกลาง
2. A และ C เป็นกลาง แต่ B เป็นบวก
3. A และ C เป็นบวก แต่ B เป็นลบ
4. A และ C เป็นลบ แต่ B เป็นบวก

3. ลูกบอลทองแดงทรงกลมกลวงมีเนื้อหนา 2 เซนติเมตร มีรัศมีภายนอก 3 เซนติเมตร รัศมีภายใน 1 เซนติเมตร ถ้าให้ประจุ +3 คูลอมป์ แก่ลูกบอลนี้ อัตราส่วนของประจุที่ผิวภายในต่อประจุที่ผิวภายนอกเป็นเท่าไร (Ent38)

1. 0 : 3
2. 1 : 3
3. 1 : 9
4. 1 : 27

4. นำทรงกลมตัวนำ B และ C มาแตะกัน พร้อมทั้งนำวัตถุ A ซึ่งมีประจุบวกมาเหนี่ยวนำใกล้ B เอนนี้แตะ C ชั่วขณะแล้วนำนิ้วออก นำวัตถุ A ออก หลังจากนั้นแยกทรงกลมตัวนำ B และ C ออกจากกัน จงหาประจุบน B และ C

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม3
บทที่14. ไฟฟ้ากระแส

สารบัญ บทที่ 14. ไฟฟ้ากระแส

VDO ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	เรื่องที่สอน	หน้า
VDO ครั้งที่ 1	1:06	1. กระแสไฟฟ้า	1 – 4
		2. ความต้านทาน	8
VDO ครั้งที่ 2	1:52	2. ความต้านทาน	9 – 12
		3. การหาความต้านทานรวมในวงจรไฟฟ้า	15-18
VDO ครั้งที่ 3	1:56	3. การหาความต้านทานรวมในวงจรไฟฟ้า	19 – 21
		4. การต่อเซลล์ไฟฟ้าและการคำนวณวงจรไฟฟ้า	22 – 24
VDO ครั้งที่ 4	2:02	4. การต่อเซลล์ไฟฟ้าและการคำนวณวงจรไฟฟ้า	26 – 31
VDO ครั้งที่ 5	1:53	5. กฎของเคอร์ชอฟฟ์	36 – 42
VDO ครั้งที่ 6	1:22	6. เครื่องวัดไฟฟ้า	44 – 47
VDO ครั้งที่ 7	0:51	7. พลังงานและกำลังไฟฟ้า	50 – 54

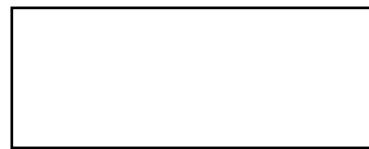
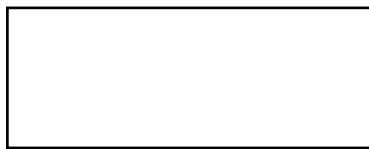
บทที่ 14. ไฟฟ้ากระแส

1. กระแสไฟฟ้า

1. กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าในตัวกลางใด ๆ เท่ากับ ประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนผ่านพื้นที่หน้าตัดในหนึ่งหน่วยเวลา

ทิศของกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้ามีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของประจุบวกในวงจร โดยเคลื่อนจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ , เคลื่อนจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ



เมื่อ Q = ประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านหน้าตัด (C)

t = เวลาที่ประจุไฟฟ้าทั้งหมดผ่าน (s)

I = กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหน้าตัด (A)

N = จำนวน e^-

e = ประจุ $e^- = -1.6 \times 10^{-19}$ C

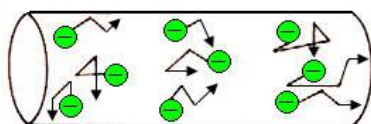
v = อัตราเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอน (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

n = จำนวนอิเล็กตรอนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร
ความหนาแน่นอิเล็กตรอน (อนุภาค/ m^3)

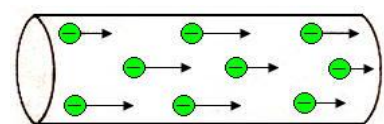
2. การนำไฟฟ้าของตัวกลางต่าง ๆ

2.1 การนำไฟฟ้าในโลหะ เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ จากศักย์ไฟฟ้าต่ำไปยังศักย์ไฟฟ้าสูง จากขั้วลบไปขั้วบวก



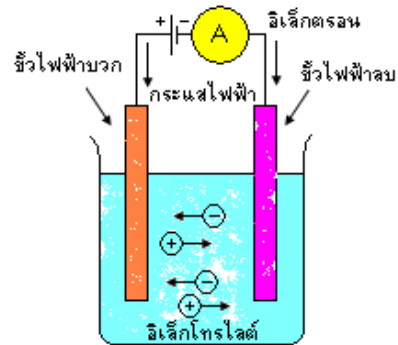
การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ

เมื่อไม่มีความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองของตัวนำ

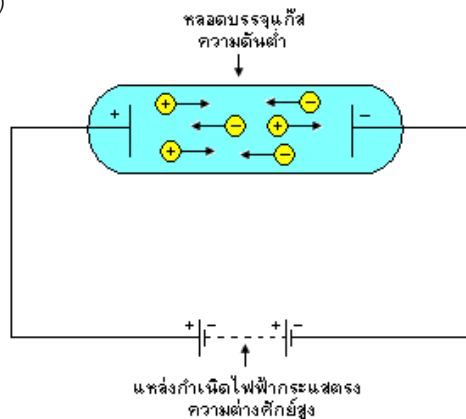


เมื่อมีความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองของตัวนำ

2.2 การนำไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนบวก และไอออนลบ

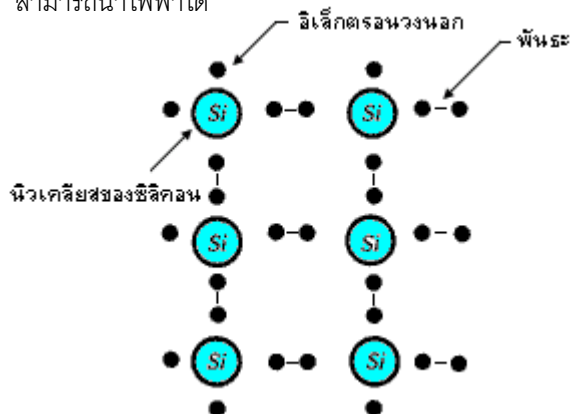


2.3 การนำไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊ส เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ (จากขั้วแคโทด) และไอออนบวก (ของแก๊ส)



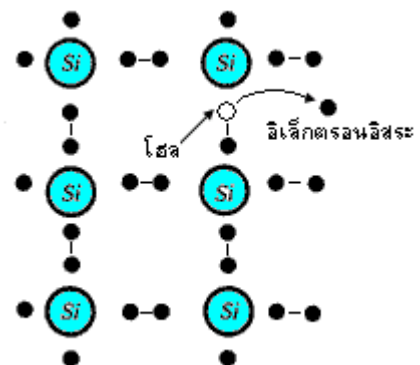
2.4 การนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำ เกิดจากอิเล็กตรอนอิสระ และโฮล (hole)

เนื่องจากอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำมีพันธะโควาเลนต์จึงไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ แต่เมื่อให้สนามไฟฟ้าที่มีค่ามากพอ จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากพันธะโควาเลนต์เป็นอิเล็กตรอนอิสระ และเกิดที่ว่างหรือโฮล (hole) เกิดขึ้น ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้



อิเล็กตรอนในซิลิคอน

ขณะไม่มีสนามไฟฟ้า

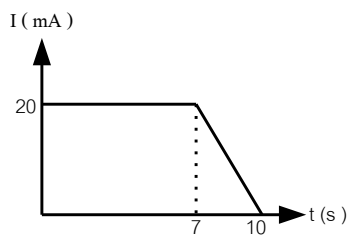


ขณะมีสนามไฟฟ้าที่มีค่ามากพอ

Ex1 ตัวต้านทานไฟฟ้ามีความต้านทาน 6 กิโลโอห์ม ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ภายในเวลา 20 นาที จะมีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวต้านทานนี้เท่าใด (Ent38)

1. 2.4 C
2. 24 C
3. 40 C
4. 240 C

Ex2 ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0 A มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านเครื่องวัดเฉลี่ยวินาทีละกี่คูลอมบ์



Ex3 ตัวนำอันหนึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยกระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับเวลาตามสมการ $I = 3t + 5$ ถ้าพิจารณาในช่วงเวลา $t = 5$ s ถึง $t = 10$ s จงหา

1. ปริมาณของประจุไฟฟ้าที่ผ่านไปได้
2. กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย
3. จำนวนของอิเล็กตรอนที่ผ่านไปได้

Ex4 ลวดโลหะเส้นหนึ่งมีอิเล็กตรอนอิสระ 5×10^{28} อนุภาค/ลูกบาศก์เมตร และมีพื้นที่ภาคตัดขวาง 2 ตารางเซนติเมตร อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลอยเลื่อน 0.2 มิลลิเมตร/วินาที จงหา

1. กระแสไฟฟ้าในลวดโลหะ
2. ปริมาณของประจุไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำในเวลา 1 นาที
3. จำนวนของอิเล็กตรอนที่ผ่านในช่วงเวลา 1 นาที

Ex5 ลวดโลหะหน้าตัดวงกลมชนิดเดียวกัน 2 เส้น มีกระแสไฟฟ้าไหลเท่ากัน ถ้าเส้นแรกมีรัศมีเป็น 2 เท่าของเส้นที่สอง อัตราเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนในลวดเส้นแรกเป็นกี่เท่าของเส้นที่สอง

Ex6 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. การนำไฟฟ้าในหลอดบรรจุก๊าซ เกิดจากการถ่ายเททั้งประจุไฟฟ้าบวก และประจุไฟฟ้าลบ
 - ข. การนำไฟฟ้าในแท่งโลหะเกิดจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าลบ
 - ค. การนำไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์ เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวกอย่างเดียวเท่านั้น
- คำตอบที่ถูกต้องคือ

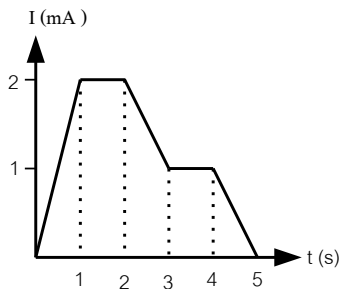
1. ข้อ ก., ข. 2. ข้อ ข., ค. 3. ข้อ ก., ค. 4. ข้อ ก. เท่านั้น

Ex7 ข้อใดต่อไปนี้ผิด

1. กระแสไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์เกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบ
2. กระแสไฟฟ้าในหลอดบรรจุก๊าซเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและไอออนบวก
3. กระแสไฟฟ้าในโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ
4. กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ

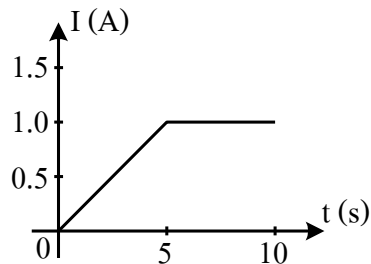
การบ้าน 14.1 กระแสไฟฟ้า

1. จากรูป เป็นกราฟแสดงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดเส้นหนึ่งกับเวลา จงหาว่าเมื่อสิ้นสุดเวลา $t = 5$ วินาที จะมีประจุไฟฟ้าไหลผ่านกี่คูลอมบ์ และมีอิเล็กตรอนไหลผ่านกี่ตัว



2. กระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านเส้นลวดโลหะเส้นหนึ่ง สัมพันธ์กับเวลา t ดังกราฟ จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดโลหะนี้ในช่วงเวลา 0 ถึง 10 วินาที (ตุลา 41)

1. 5.0 C
2. 6.25 C
3. 7.5 C
4. 8.75 C



3. อัตราเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนมีค่า 2 m/s ในลวดโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัด 50 ตารางมิลลิเมตร มีอิเล็กตรอนอิสระ 5×10^{24} ต่อลูกบาศก์เมตร จงหากระแสไฟฟ้าในลวดโลหะนี้

4. ลวดตัวนำโลหะขนาดสม่ำเสมอมีปริมาณกระแสต่อหน่วยพื้นที่เท่ากับ 1.0×10^6 แอมแปร์ต่อตารางเมตร และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระเป็น 5.0×10^{28} ต่อลูกบาศก์เมตร จงหาขนาดของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวด (มีนา 44)

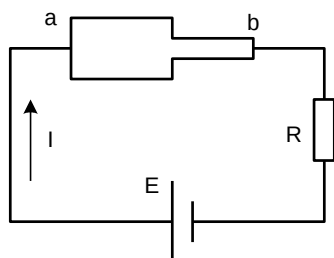
1. $1.25 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
2. $1.50 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
3. $1.75 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
4. $2.00 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

5. ลวดโลหะเส้นหนึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวาง 1 ตารางมิลลิเมตร ถ้ามีกระแสไฟฟ้าจำนวนหนึ่งไหลผ่านลวดนี้ในเวลา 4 วินาที โดยขนาดความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนเท่ากับ 0.02 เซนติเมตร/วินาที

กำหนดให้ ความหนาแน่นอิเล็กตรอนอิสระของโลหะชนิดนี้เท่ากับ 1.0×10^{29} ต่อลูกบาศก์เมตร และประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอนอิสระเท่ากับ 1.6×10^{-19} จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านลวดเส้นนี้ในเวลาดังกล่าว (Ent37)

1. 8.00 C
2. 10.2 C
3. 12.8 C
4. 16.0 C

6. วัสดุนำไฟฟ้าความหนาแน่นสม่ำเสมอตัดเป็นแผ่นดังรูป ปลายวัสดุด้าน a มีความกว้างเป็นสองเท่า ของปลายด้าน b ปลายทั้งสองต่อกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า E และความต้านทาน R ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้องที่สุด (ตุลา 45)



1. กระแสด้าน a เป็นสองเท่าของด้าน b
2. กระแสด้าน b เป็นสองเท่าของด้าน a
3. ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนด้าน a เป็นสองเท่าของด้าน b
4. ความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนด้าน b เป็นสองเท่าของด้าน a

7. กระแสไฟฟ้าในข้อใดบ้างเกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าทั้งบวกและลบ (Ent41)

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| ก. หลอดฟลูออเรสเซนต์ | ข. หลอดไฟฟ้าไส้ทั้งสแตน |
| ค. สารละลายกรดกำมะถัน | ง. ไดโอดสารกึ่งตัวนำ |
| 1. ก ข ค และ ง | 2. ก ค และ ง |
| 3. ค และ ง | 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น |

8. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดที่ไม่ถูกต้อง (Ent34)

- ก. โลหะบริสุทธิ์มีสภาพต้านทานต่ำกว่าโลหะผสม
- ข. ไดโอดที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำและหลอดสุญญากาศ สามารถใช้เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงได้
- ค. คู่ความอบอุ่นหรือแผ่นโลหะคู่ จะเกิดการงอโค้งได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัว โลหะ 2 ชนิดต่างกัน
- ง. โลหะบริสุทธิ์จะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสภาพต้านทานต่ำกว่าโลหะผสม

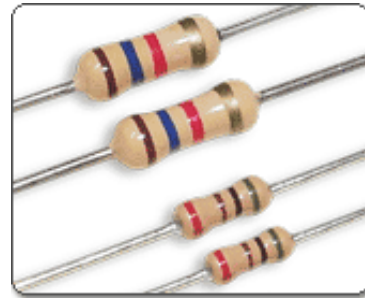
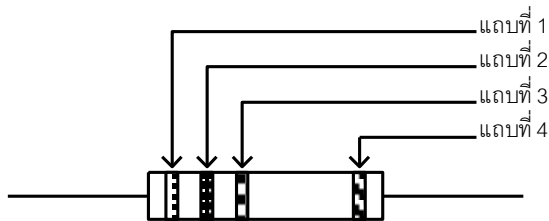
1. ข้อ ก. และ ค. 2. ข้อ ข. และ ค. 3. ข้อ ข. และ ง. 4. ข้อ ค. และ ง.

9. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดผิด (Ent33)

- 1. เมื่อนำแท่งโลหะต่อเข้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแท่งโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ
- 2. กระแสไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์เกิดจากการเคลื่อนที่ของทั้งประจุบวกและประจุลบ
- 3. กระแสไฟฟ้าในหลอดนีออนหรือหลอดไฟโฆษณาต่างๆ เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเท่านั้น
- 4. ในการใช้งานของหลอดไดโอด ถ้าต่อขั้วแอนโนดกับขั้วลบ และแคโทดกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไดโอด

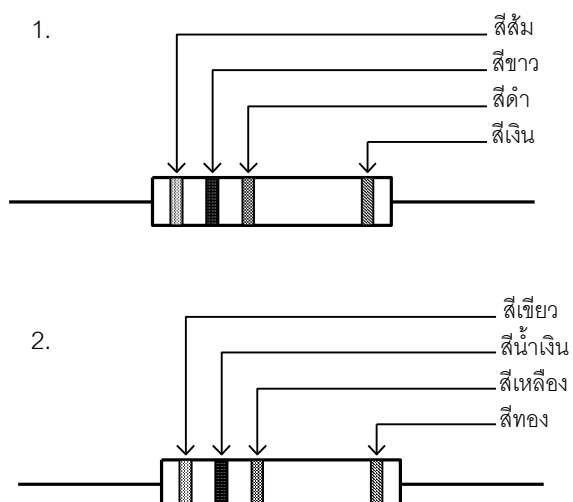
2. ความต้านทาน (R)

1. การอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทานแบบคงที่



สี	แถบที่ 1 / แถบที่ 2 (ตัวเลขตัวที่ 1 / 2)	แถบที่ 3 (เลขยกกำลังของ 10)	แถบที่ 4 (เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด)
ดำ	0	0	-
น้ำตาล	1	1	$\pm 1\%$
แดง	2	2	$\pm 2\%$
ส้ม	3	3	$\pm 3\%$
เหลือง	4	4	$\pm 4\%$
เขียว	5	5	-
น้ำเงิน	6	6	-
ม่วง	7	7	-
เทา	8	8	-
ขาว	9	9	-
ทอง	-	-1	$\pm 5\%$
เงิน	-	-2	$\pm 10\%$
ไม่มีสี	-	-	$\pm 20\%$

Ex จงหาค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวต้านทานนี้



ฟิสิกส์

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 4



บทที่ 15 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก
บทที่ 16 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คำนำ

หนังสือเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์ของครูโกเอก (นายเอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์) ครูโกเอกได้จัดเรียงเนื้อหาและโจทย์ปัญหาเป็นลำดับขั้นจากง่ายไปยาก ซึ่งนักเรียนจะเข้าใจวิชาฟิสิกส์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำข้อสอบได้

ครูโกเอกได้จัดทำสารบัญเพื่อให้นักเรียนสามารถจัดเวลาในการเรียนได้สะดวกขึ้น โดยระบุว่าแต่ละคอร์สมีวิดีโอกี่ครั้ง และแต่ละครั้งมีจำนวนชั่วโมงเรียนเท่าใด ซึ่งได้ระบุหน้าของเอกสารการเรียนต่อท้ายไว้ด้วย นักเรียนควรทำแบบฝึกหัดท้ายเรื่องที่เรียน เพื่อเป็นการเสริมประสบการณ์ในการทำโจทย์และทำให้เข้าใจมากขึ้น หากมีปัญหาคือข้อสงสัยในเนื้อหาวิชา สามารถถามได้ที่ facebook/ฟิสิกส์โกเอก

ครูโกเอกหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคอร์สเรียนและเอกสารการเรียนที่จัดทำขึ้นนี้จะให้ประโยชน์กับนักเรียน และขอให้นักเรียนทุกคนประสบความสำเร็จในการเรียนและการสอบเข้าทุกระดับ

ครูโกเอก

(นายเอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์)

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 4
บทที่ 15. ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

สารบัญ บทที่ 15. ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

VDO ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	เรื่องที่สอน	หน้า
VDO ครั้งที่ 1	2:05	1. แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก	1 – 4
		2. ประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก	6 – 12
VDO ครั้งที่ 2	1:55	3. ลวดตัวนำที่มีกระแสผ่านในสนามแม่เหล็ก	16 – 19
		4. สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า	22 – 25
VDO ครั้งที่ 3	1:21	5. แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไหล	28 – 29
		6. ขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก	31 – 33
VDO ครั้งที่ 4	1:47	7. กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	34 – 38
		8. หม้อแปลงไฟฟ้า	40 – 42
VDO ครั้งที่ 5	1:59	9. การแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นตรง	136 – 138
		10. ไฟฟ้ากระแสสลับ	146 – 154
VDO ครั้งที่ 6	1:15	10. ไฟฟ้ากระแสสลับ	155 – 160
VDO ครั้งที่ 7	1:55	10. ไฟฟ้ากระแสสลับ	161 – 169
VDO ครั้งที่ 8	1:00	10. ไฟฟ้ากระแสสลับ	170 – 174

บทที่ 15. ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

1. แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

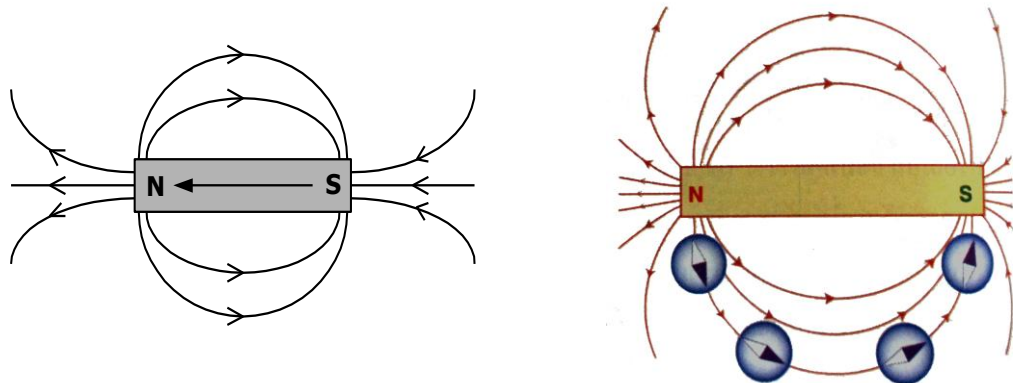
1. **แม่เหล็ก** คือ สารที่สามารถดูดกันเองและผลักรันเองได้ และสามารถดูดพวกสารแม่เหล็กได้โดยการเหนี่ยวนำ

สารแม่เหล็ก คือ สารที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก ที่เป็นธาตุบริสุทธิ์มี 5 ชนิด คือ เหล็ก (Fe), โคบอลต์ (Co), นิกเกิล (Ni), แกโดลิเนียม (Gd) และดิสโพรเซียม (Dy)

2. **ฟลักซ์แม่เหล็ก** (Magnetic flux, Φ) คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์, W

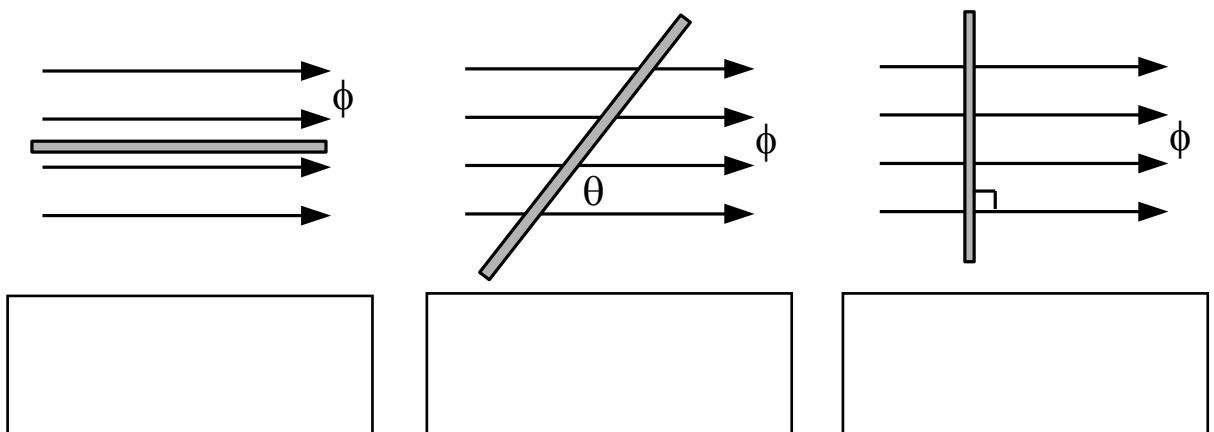
เส้นแรงแม่เหล็ก มีทิศพุ่งออกจากขั้วเหนือ พุ่งเข้าหาขั้วใต้

เข็มทิศในสนามแม่เหล็ก ขั้วเหนือ (N) ของเข็มทิศชี้ตามสนามแม่เหล็กเสมอ



3. **สนามแม่เหล็ก** (Magnetic field, B) คือ บริเวณที่มีอำนาจการกระทำที่เกิดจากฟลักซ์แม่เหล็ก

สนามแม่เหล็ก คือ อัตราส่วนของฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ที่ตั้งฉากกับฟลักซ์แม่เหล็กนั้น



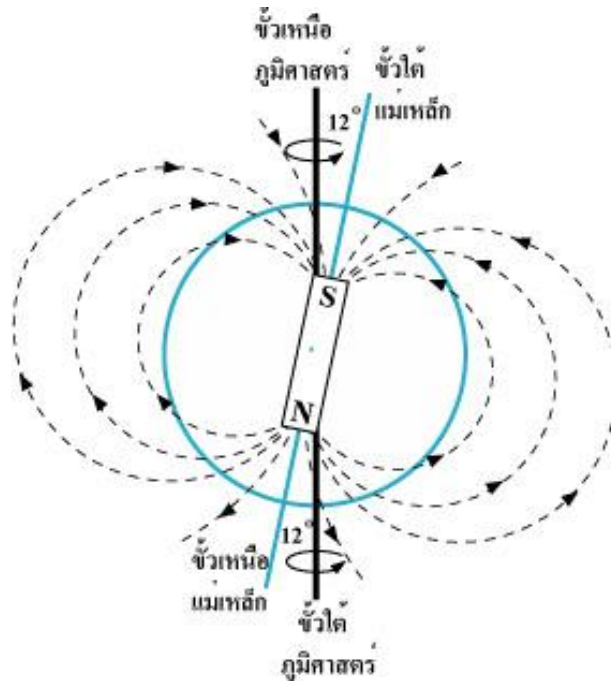
เมื่อ $\Phi \rightarrow$ ฟลักซ์แม่เหล็ก (Wb)

$A \rightarrow$ พื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่าน (m^2)

$B \rightarrow$ สนามแม่เหล็ก (Wb/m^2 , T)

4. สนามแม่เหล็กโลก

สนามแม่เหล็กโลกเกิดจากการกระบวนการไดนาโมของโลก กล่าวคือโลหะหนักที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อยู่ในแกนโลกมีการหมุนวน ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เอียงทำมุมประมาณ 10 องศาจากแกนหมุนของโลก ที่ผิวโลกมีความเข้มของสนามแม่เหล็กโลกประมาณ 30,000 - 60,000 นาโนเทสลา และความเข้มจะค่อย ๆ ลดลงเมื่ออยู่ห่างจากผิวโลกมากขึ้น



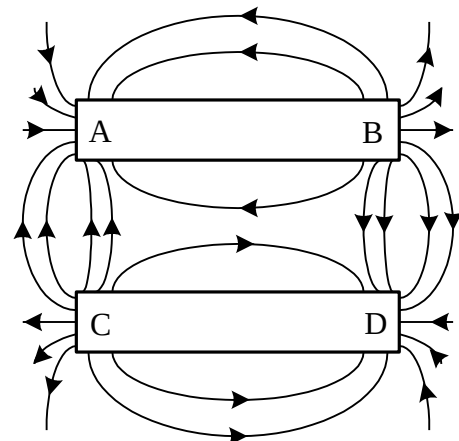
Ex1 สนามแม่เหล็ก คือ

1. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อเข็มทิศที่วางอยู่ในบริเวณนั้น
2. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งได้ฉากนั้น
3. บริเวณที่มีแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณนั้น ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเบนไปจากเดิม
4. ถูกทุกข้อ

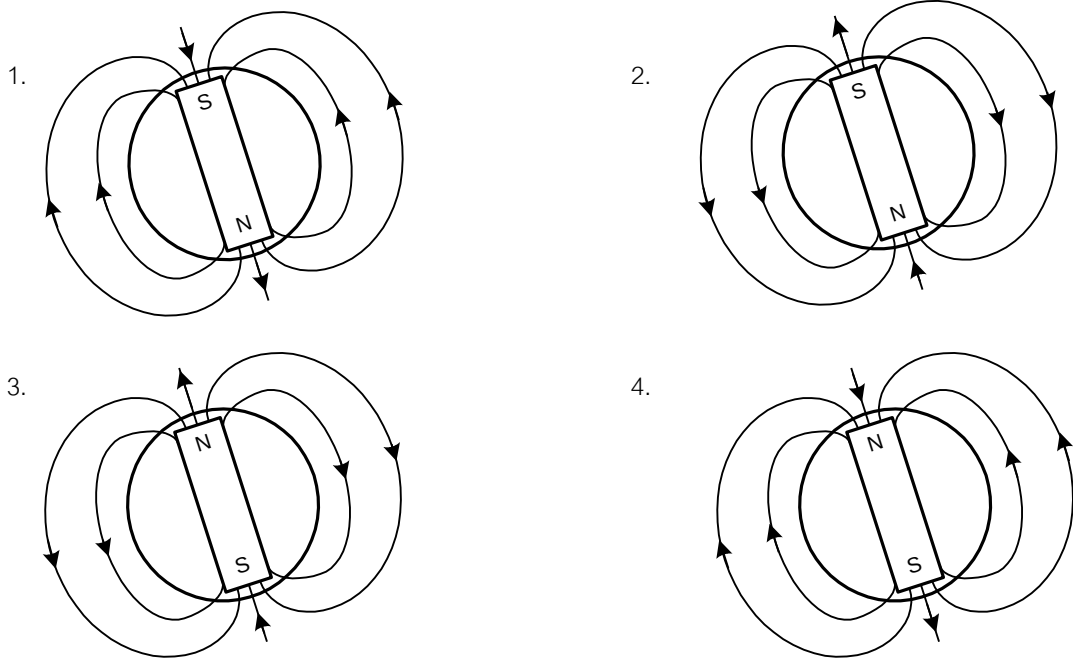
Ex2 จากแผนภาพแสดงลักษณะของเส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กทั้งสอง

ข้อใดบอกถึงขั้วแม่เหล็กที่ตำแหน่ง A, B, C และ D ได้ถูกต้อง (Onet52)

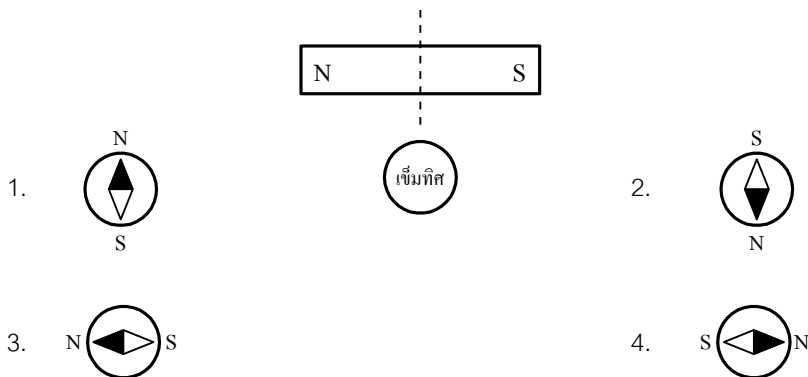
1. A และ C เป็นขั้วเหนือ B และ D เป็นขั้วใต้
2. A และ D เป็นขั้วเหนือ B และ C เป็นขั้วใต้
3. B และ C เป็นขั้วเหนือ A และ D เป็นขั้วใต้
4. B และ D เป็นขั้วเหนือ A และ C เป็นขั้วใต้



Ex3 สนามแม่เหล็กโลกมีลักษณะตามข้อใด (ข้างบนเป็นขั้วเหนือภูมิศาสตร์) (Onet51)



Ex4 โดยปกติเข็มทิศจะวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ เมื่อนำเข็มทิศมาวางใกล้ ๆ กับกึ่งกลางแท่งแม่เหล็กที่ตำแหน่งดังรูป เข็มทิศจะชี้ในลักษณะใด (Onet50)



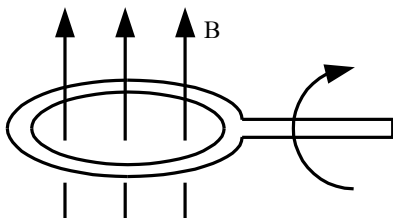
Ex5 ขดลวดพื้นที่ 10 ตารางเซนติเมตร วางในบริเวณที่มีความเข้มสนามแม่เหล็ก 10 เทสลา จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด เมื่อ

1. ระนาบขดลวดทำมุม 90° กับสนามแม่เหล็ก
2. ระนาบขดลวดทำมุม 30° กับสนามแม่เหล็ก
3. ระนาบขดลวดวางตัวในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็ก (180°)

Ex6 เมื่อมีสนามแม่เหล็กขนาด 4×10^{-2} เทสลา พุ่งลงบนโต๊ะสี่เหลี่ยมกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ในแนวทำมุม 60° กับแนวตั้ง จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านโต๊ะนี้

Ex7 ระบายของขดลวดจะต้องเอียงทำมุมเท่าใดกับสนามแม่เหล็ก จึงจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุด

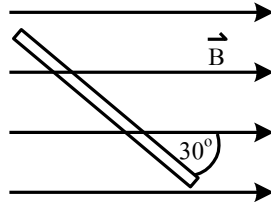
Ex8 ขดลวดหนึ่งประกอบด้วยลวด 500 รอบ มีพื้นที่หน้าตัด 4 ตารางเซนติเมตร วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 0.6 เทสลา และมีทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของลวด จงหาค่าการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กในหน่วย เวเบอร์ที่ผ่านทุกรอบของลวดเมื่อบิดขดลวดไป 90° ตามทิศทางลูกศรในรูป (Ent31)



การบ้าน 15.1 สนามแม่เหล็ก

1. ขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ามีพื้นที่หน้าตัด 0.4 m^2 วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก 2 เทสลา โดยมีแนวระนาบของขดลวดทำมุม 30° กับสนามแม่เหล็กดังรูป จงคำนวณว่าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเท่ากับเท่าไร (มีนา 43)

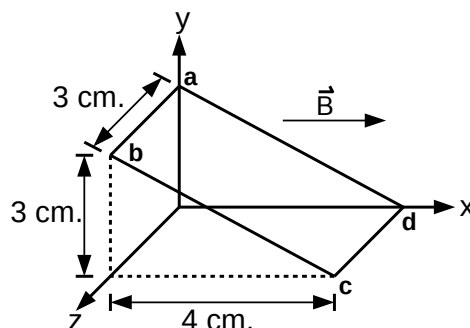
1. 1.0 Weber
2. 0.8 Weber
3. 0.6 Weber
4. 0.4 Weber



2. กล่องสี่เหลี่ยมซึ่งแต่ละด้านมีพื้นที่เท่ากันหมด เท่ากับ 0.1 ตารางเมตร วางอยู่ในสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอขนาด 5 เทสลา โดยทิศของสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับกล่องด้านใดด้านหนึ่ง ฟลักซ์ของสนามแม่เหล็กที่ผ่านกล่องนี้เป็นเท่าใด

3. จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้า abcd ถ้ามีสนามแม่เหล็ก B ขนาดสม่ำเสมอ 2 เทสลา ในทิศที่ขนานแกน x ดังรูป (Ent36)

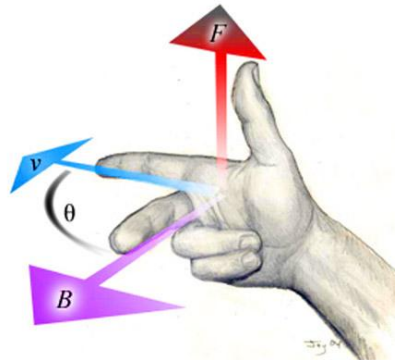
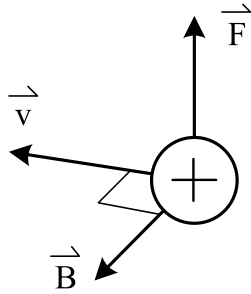
1. $1.8 \times 10^{-3} \text{ Wb}$
2. $2.4 \times 10^{-3} \text{ Wb}$
3. $3.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$
4. $5.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$



2. ประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

1. แรงที่กระทำกับประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำกับอนุภาค



เมื่อ $\vec{F}$ = แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า (N)

q = ขนาดของประจุไฟฟ้า (C)

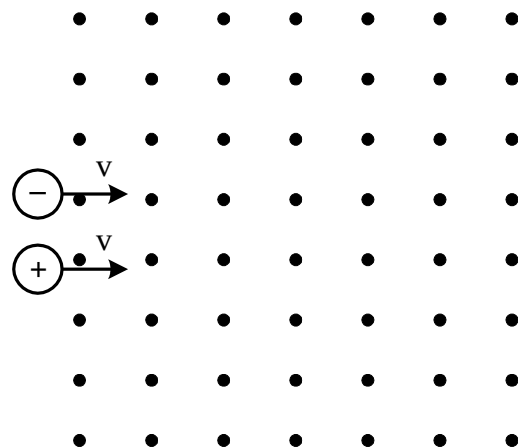
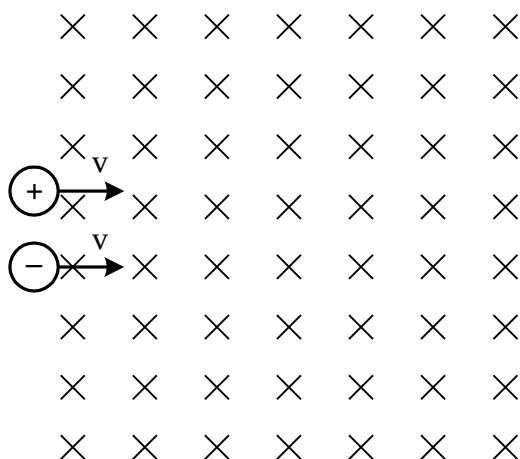
$\vec{v}$ = ความเร็วของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า (m/s)

$\vec{B}$ = สนามแม่เหล็ก (T)

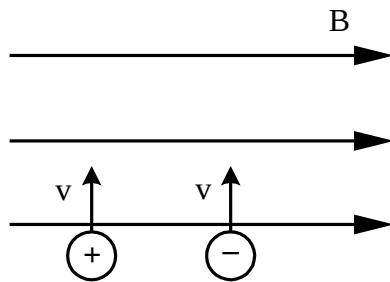
θ = มุมระหว่าง $\vec{v}$ และ $\vec{B}$

2. การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

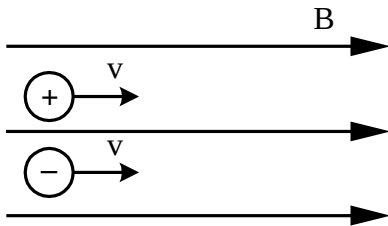
2.1 เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า มีความเร็วในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ($\theta = 90^\circ$)



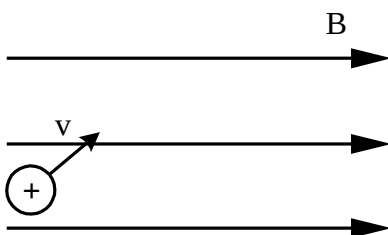
แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาค จะมีทิศตั้งฉากกับความเร็ว ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลม



2.2 เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า มีความเร็วในทิศตามหรือสวนทางกับสนามแม่เหล็ก ($\theta = 0^\circ, 180^\circ$)



2.3 เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า มีความเร็วทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก (ไม่เท่ากับ 0° หรือ 180°)



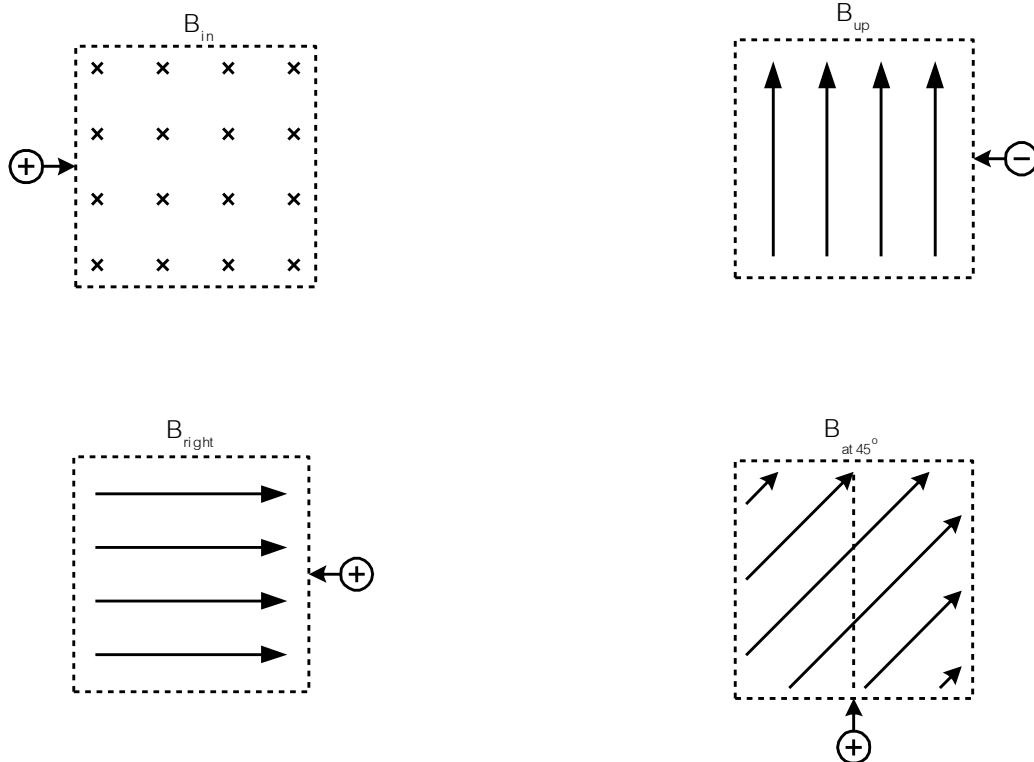
Ex1 เมื่อให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอในทิศตั้งฉาก อนุภาคนี้อาจเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กอย่างไร

1. เส้นตรงเบนออกจากแนวเดิม
2. ส่วนของวงกลม
3. ส่วนของวงรี
4. เส้นโค้งเป็นเกลียว

Ex2 เมื่อให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B โดยไม่ตั้งฉากกับ B อิเล็กตรอนจะมีแนวเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กเป็นอย่างไร (Ent33)

1. เส้นตรงเบนออกจากแนวเดิม
2. ส่วนของวงกลม
3. ส่วนของวงรี
4. ส่วนโค้งเป็นเกลียว

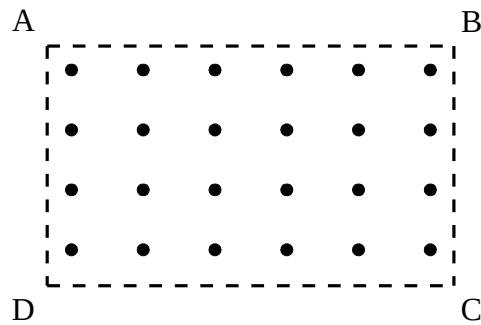
Ex3 จงบอกลักษณะการเคลื่อนที่ของประจุเมื่อผ่านสนามแม่เหล็กลักษณะดังต่อไปนี้



Ex4 เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านบริเวณหนึ่งซึ่งมีสนาม กรณีใดที่ความเร็วของอิเล็กตรอนไม่เปลี่ยนแปลง (Ent34)

1. ขนานกับสนามไฟฟ้า
2. ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก
3. ขนานกับสนามแม่เหล็ก
4. ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า

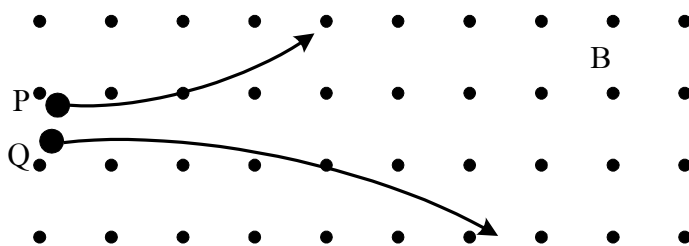
Ex5 บริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยม ABCD เป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ซึ่งมีทิศพุ่งออกตั้งฉากกับกระดาษดังรูป



ข้อใดต่อไปนี้จะทำให้อนุภาคโปรตอนเคลื่อนที่เบนเข้าหาด้าน AB ได้ (Onet52)

1. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน AD ในทิศตั้งฉากกับเส้น AD
2. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน BC ในทิศตั้งฉากกับเส้น BC
3. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน AD ในแนวขนานกับเส้น AC
4. ยิงอนุภาคโปรตอนเข้าไปในบริเวณ จากทางด้าน DC ในแนวขนานกับเส้น DB

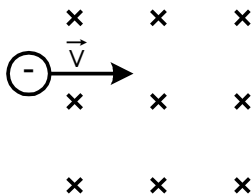
Ex6 ลำอนุภาค P และ Q เมื่อเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก B ที่มีทิศพุ่งออกตั้งฉากกับกระดาษมีการเบี่ยงเบนดังรูป ถ้าลำอนุภาคทั้งสองไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ แนวการเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร (Onet50)



1. เคลื่อนที่ไปทางเดียวกันในทิศทางตามเส้นสนามไฟฟ้า
2. เคลื่อนที่ไปทางเดียวกันในทิศทางตรงข้ามกับเส้นสนามแม่เหล็ก
3. เคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกันโดยอนุภาค P ไปทางเดียวกับสนามไฟฟ้า
4. เคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกันโดยอนุภาค Q ไปทางเดียวกับสนามไฟฟ้า

Ex7 อนุภาคมวล 4×10^{-12} kg มีประจุ -2×10^{-4} C เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10^6 เมตร/วินาที เข้าไปในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 0.1 เทสลา ดังรูป จงหา

1. แรงที่สนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค
2. รัศมีการเคลื่อนที่ของอนุภาค
3. คาบของการเคลื่อนที่
4. ความถี่ของการเคลื่อนที่
5. อัตราเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่



Ex8 อนุภาคมวล m ประจุ $+q$ กำลังเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กขนาด B เป็นวงกลมรัศมี R จงหาพลังงานจลน์ของอนุภาคนี้ (ดูลา 46)

1. $\frac{1}{2} \frac{(BqR)^2}{m}$
2. $\frac{1}{2} m \left(\frac{Bq}{R} \right)^2$
3. $\frac{1}{2} m (BqR)^2$
4. $\frac{1}{2} \frac{R}{m} (Bq)^2$

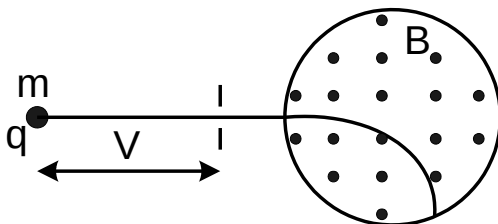
Ex9 ถ้าอนุภาคไฟฟ้าบวกมีขนาดประจุเท่ากัน มวลไม่เท่ากัน เคลื่อนที่เข้าสู่สนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉากด้วยความเร็วเท่ากัน แล้วประจุต่างเคลื่อนที่วิถีเป็นวงกลม (Ent34)

- ก. รัศมีของการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน
 - ข. อัตราเร็วเชิงมุมของอนุภาคที่มีมวลมากจะมีค่ามากกว่าของอนุภาคที่มีมวลน้อย
 - ค. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อแต่ละอนุภาคมีค่าเท่ากัน
 - ง. พลังงานจลน์ของอนุภาคทั้งสองขณะวิ่งโค้งเท่ากัน
- ข้อที่ถูกต้อง คือ

- 1. ก. ข. และ ค.
- 2. ก. และ ค.
- 3. ง. เท่านั้น
- 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

Ex10 อนุภาคมวล 5×10^{-8} g มีประจุไฟฟ้า 3×10^{-5} C ถูกเร่งให้มีความเร็ว โดยใช้ ความต่างศักย์ 3,000 V แล้ววิ่งตั้งฉากผ่านไปนสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 2 T อนุภาคนี้อเคลื่อนที่เป็วงกลมด้วยรัศมีเท่าใด

Ex11 อนุภาคมวล m ประจุ q ถูกเร่งจากหยุดนิ่งผ่านความต่างศักย์ $V = 2,000$ โวลต์ ทำให้ได้ความเร็ว $v = 5 \times 10^6$ เมตร/วินาที เมื่อเริ่มเข้าสู่สนามแม่เหล็ก $B = 0.1$ เทสลา ทิศตั้งฉากกับความเร็ว รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามแม่เหล็กเป็นกี่เซนติเมตร (Anet49)



Ex12 ในเครื่องเร่งอนุภาคบางแบบอนุภาคจะถูกทำให้วิ่งเป็นวงกลมโดยใช้แม่เหล็กที่มีทิศฉากตั้งฉากกับแนวที่อนุภาควิ่ง ถ้าสนามแม่เหล็กมีขนาด B และอนุภาคมีมวล m ประจุ q เวลาที่อนุภาควิ่งแต่ละรอบจะต้องเป็นเท่าใด (Ent33)

1. $\frac{2\pi q}{mB}$
2. $\frac{2\pi m}{qB}$
3. $\frac{2\pi B}{mq}$
4. $\frac{2\pi qB}{m}$

Ex13 อิเล็กตรอนมวล m ประจุ $-q$ เคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก B ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ความเร็วของอิเล็กตรอนมีทิศเบนไป 45° ออกจากแนวเดิมเมื่อเวลาผ่านไปกี่วินาที (มีนา 42)

1. $\frac{\pi m}{4qB}$
2. $\frac{\pi m}{2qB}$
3. $\frac{\pi m}{qB}$
4. $\frac{2\pi m}{qB}$

ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 4
บทที่ 16. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สารบัญ บทที่ 16. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

VDO ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	เรื่องที่สอน	หน้า
VDO ครั้งที่ 1	1:57	1. ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ 2. การทดลองของเฮิร์ตซ์ 3. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	179 – 193
VDO ครั้งที่ 2	0:55	4. โฟลาไรเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	194 – 200
VDO ครั้งที่ 3	0:21	4. โฟลาไรเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	201 – 203

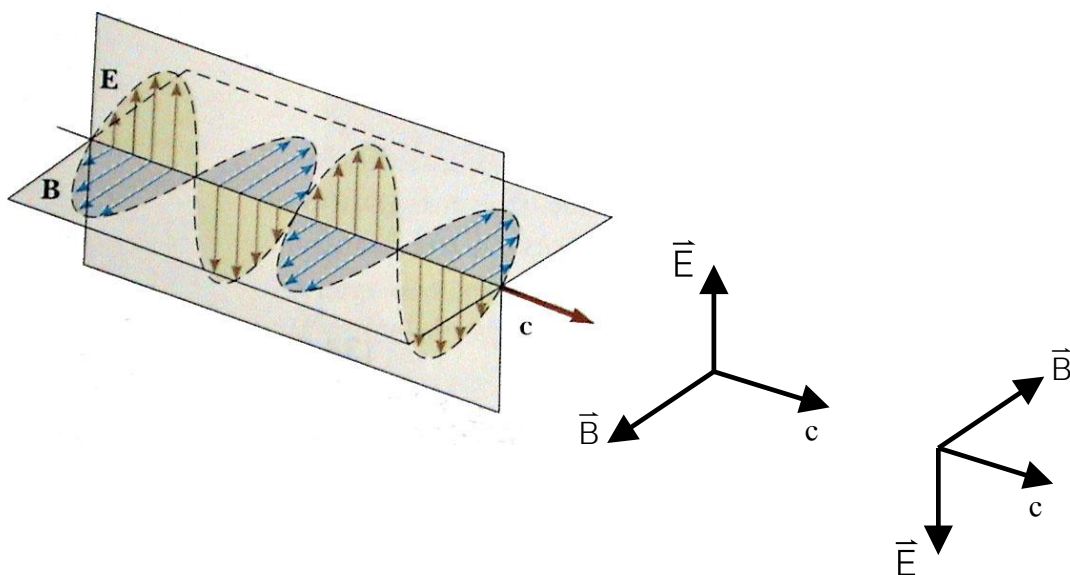
บทที่ 16. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1. ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์

แมกซ์เวลล์ (James Clerk Maxwell, 1831 – 1879)

เสนอสมการคณิตศาสตร์ที่อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้ “สนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ในขณะที่สนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (ในทุกๆ บริเวณ) จากการเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องดังกล่าว จะทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เคลื่อนไปในสุญญากาศด้วยอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วแสง”

แสดงทิศของสนามไฟฟ้า ($\vec{E}$) สนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) และทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ($\vec{c}$)



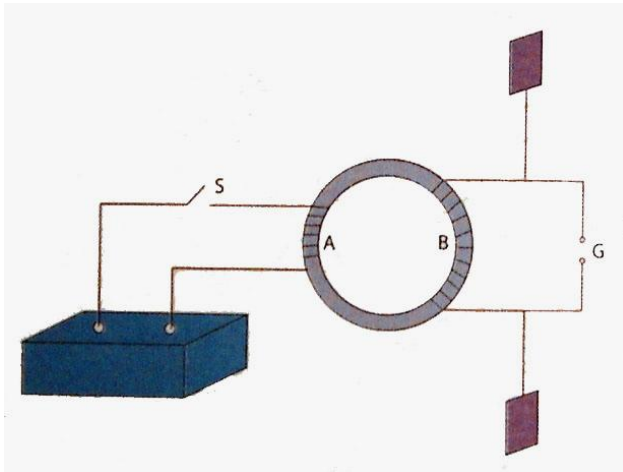
สรุป ลักษณะสำคัญของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1. $\vec{E}$ เปลี่ยนแปลง ทำให้ $\vec{B}$ เปลี่ยนแปลง และ $\vec{B}$ เปลี่ยนแปลง ทำให้ $\vec{E}$ เปลี่ยนแปลง เหนี่ยวนำกันไปมาจึงเกิดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMW)
2. EMW ทุกชนิดมีอัตราเร็วในสุญญากาศเท่ากันหมด เท่ากับ $c = 3 \times 10^8$ m/s
3. ทิศของ $\vec{E}$, ทิศของ $\vec{B}$ และทิศการเคลื่อนที่ของ EMW ตั้งฉากกันเสมอ หาทิศได้จากกฎมือขวา
4. เฟสของ $\vec{E}$ และ $\vec{B}$ ตรงกันเสมอ (แต่สลับแบบตั้งฉากกัน)
5. EMW เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า (เมื่อ I เปลี่ยน หรือ ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง)

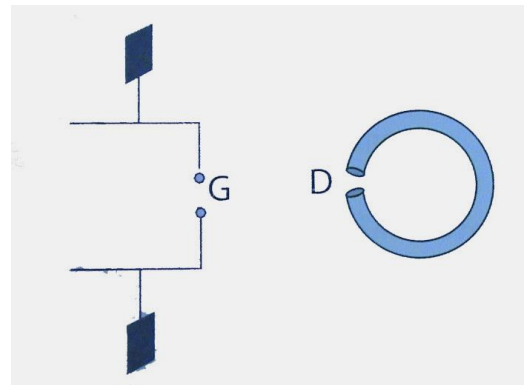
2. การทดลองของเฮิร์ตซ์

เฮิร์ตซ์ (Heinrich Rudolf Hertz, 1857 – 1894) ได้ทดลองพิสูจน์ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ โดยใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ ดังนี้

1. ใช้ขดลวด 2 ชุด (A เป็นขดลวดปฐมภูมิ B เป็นขดลวดทุติยภูมิ)
2. ปลายขดลวด B เป็นช่องแคบ G (มีทรงกลมตัวนำที่ปลายทั้งสอง)
3. S เป็นสวิตช์แบบสั่น ทำหน้าที่ปิดเปิดวงจรไฟฟ้าของขดลวดปฐมภูมิ (A)
4. เมื่อปิด-เปิดสวิตช์ การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กของขดลวด A จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กที่ขดลวด B (เหนี่ยวนำให้เกิดความต่างศักย์ที่สูงมาก)
5. อากาศระหว่างช่องแคบ G จะแตกตัวเกิดเป็นประกายไฟฟ้า
6. เมื่อนำตัวรับที่เป็นลวดตัวนำและเว้นช่องแคบ D ไว้ มาเข้าใกล้ จะเห็นประกายไฟที่ช่องแคบ D ด้วย
7. สรุปได้ว่า เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกมาจากช่องแคบ G และรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้ลวดตัวนำที่มีช่องแคบที่เหมาะสม

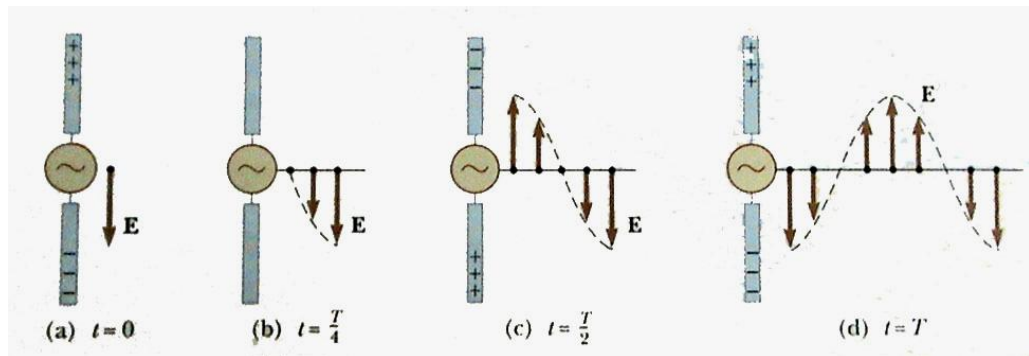


แสดงขดลวดเหนี่ยวนำในการทดลองของเฮิร์ตซ์

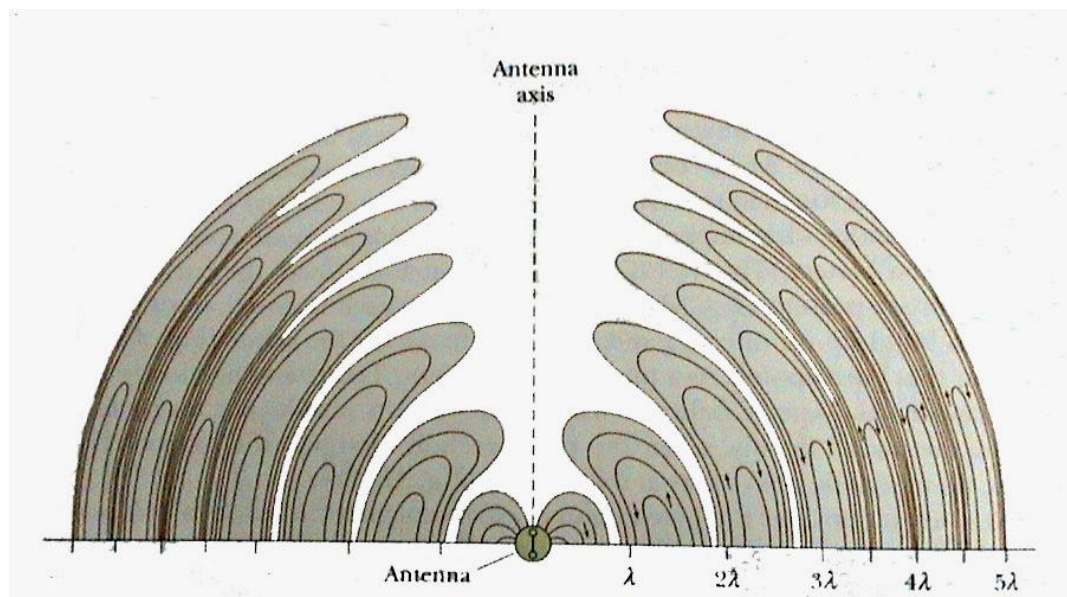


การรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเฮิร์ตซ์

ทิศที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งออกจากสายส่ง



แสดงการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าที่ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



แสดงการแผ่ของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด (สายอากาศ)

การรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เสาอากาศ ใช้รับสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เสาอากาศต้องวางตั้งในแนวขนานกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า ความยาวของเสาอากาศที่เหมาะสมมีขนาดเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น

ขดลวดเป็นวงกลม ใช้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ระนาบของขดลวดต้องตั้งฉากกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก

Ex1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดขณะเคลื่อนที่ในสุญญากาศมีสิ่งหนึ่งเท่ากันเสมอ คือ

1. ความยาวคลื่น
2. แอมพลิจูด
3. ความถี่
4. ความเร็ว

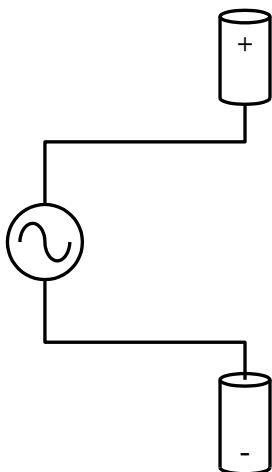
Ex2 แนวความคิดที่สำคัญอย่างหนึ่งของแมกซ์เวลล์ (Maxwell) เกี่ยวกับทฤษฎีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดจะต้องมีความยาวคลื่นต่างกัน
2. เมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้น
3. การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จำเป็นต้องอาศัยการสั่นของอนุภาคตัวกลาง
4. ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะต้องอยู่ในทิศเดียวกับสนามแม่เหล็ก

Ex3 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

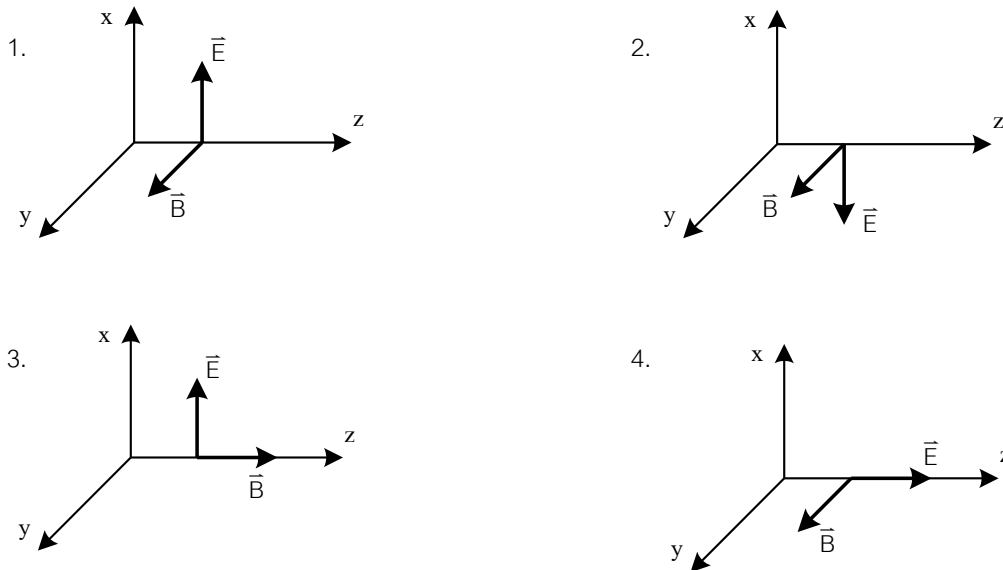
1. การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กทำให้เกิดสนามไฟฟ้า
2. สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีเฟสต่างกัน 90°
3. สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากซึ่งกันและกัน และตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วย
4. ในตัวกลางเดียวกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกความถี่ มีความเร็วเท่ากันหมด

Ex4 ในรูปเป็นลวด 2 เส้น ซึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วทำให้เกิดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกจากเส้นลวด การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นนี้เนื่องมาจาก

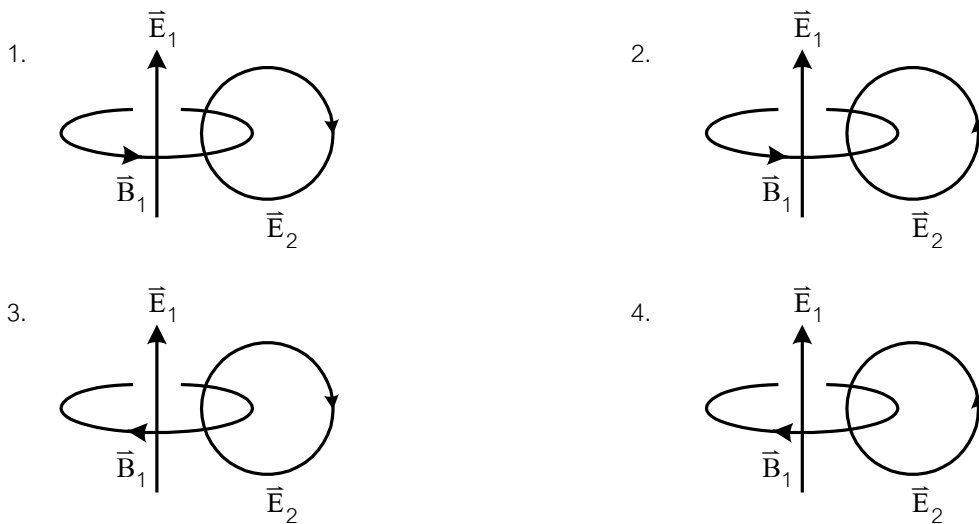


1. การเคลื่อนที่ของประจุด้วยความเร่งระหว่างเส้นลวด
2. การเคลื่อนที่ของประจุด้วยความเร็วสม่ำเสมอระหว่างเส้นลวด
3. การไหลของกระแสระหว่างเส้นลวด
4. เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นภายในเส้นลวด

Ex5 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปทางแกน z ที่เวลา t ค่าหนึ่ง ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ และสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นตามข้อใด



Ex6 ถ้าสนามไฟฟ้า E_1 กำลังเปลี่ยนแปลงในทางมากขึ้น มีทิศทางตามที่กำหนดให้ดังรูป อยากทราบว่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามรูปใด



Ex7 ในการติดตั้งเสาตรวจรับสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ลักษณะของเสาอากาศและการติดตั้ง คือ

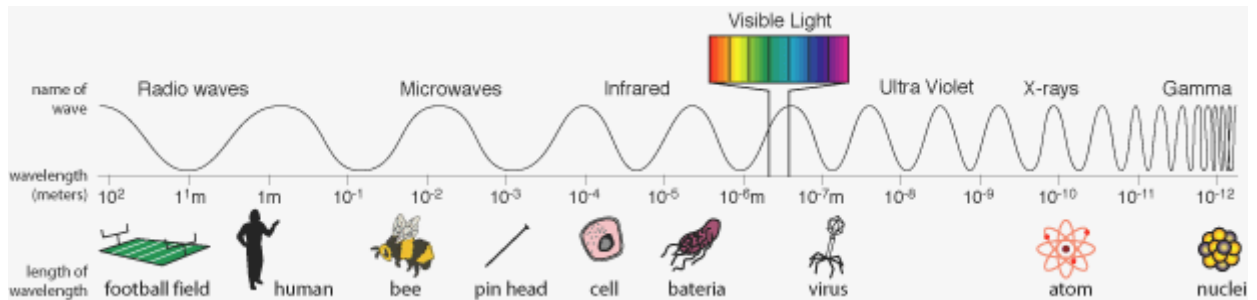
1. ใช้แท่งโลหะตรงและให้ความยาวของโลหะตั้งฉากกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
2. ใช้แท่งโลหะตรงและให้ความยาวของโลหะขนานกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
3. ใช้โลหะขดเป็นวงกลมและให้ระนาบของวงกลมตั้งฉากกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
4. ใช้โลหะขดเป็นวงกลมและให้ระนาบของวงกลมขนานกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก

Ex8 พิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดผิด

1. ความยาวของสายอากาศที่เหมาะสมในการรับและส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าควรประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น
2. สายอากาศแบบเส้นใช้สำหรับรับสนามไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงควรจัดวางให้ขนานกับทิศการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3. สายอากาศแบบห่วง ใช้สำหรับรับสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงควรจัดวางให้ขนานกับทิศการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
4. สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ณ จุดๆ หนึ่งจะมีเฟสตรงกันแต่มีทิศตั้งฉากกันเสมอ

3. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสเปกตรัมต่อเนื่อง โดยมีชื่อเรียกและประโยชน์ตามช่วงของความถี่ ดังนี้



1. คลื่นวิทยุ (Radio waves)

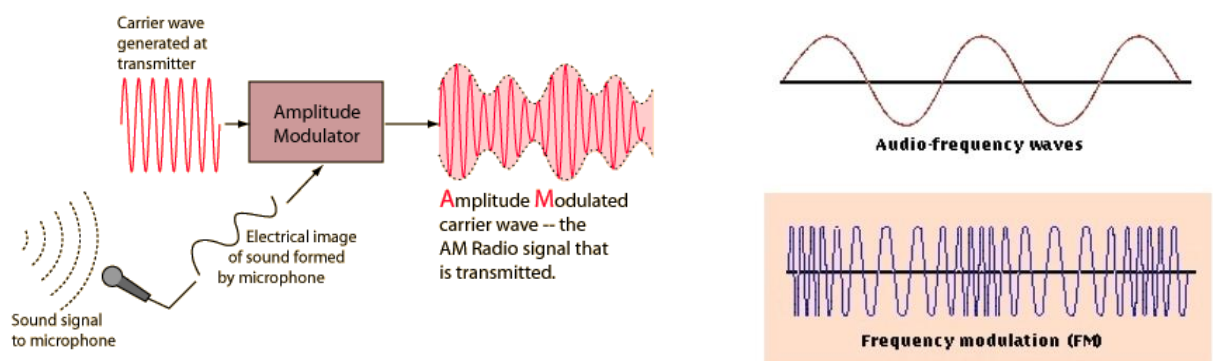
แหล่งกำเนิด ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ

ความถี่ $10^6 - 10^9$ Hz

ความยาวคลื่น $10^4 - 0.1$ m

ประโยชน์ ใช้ในการสื่อสาร

1. คลื่นวิทยุระบบเอเอ็ม (A.M., amplitude modulation) ความถี่ 530 – 1600 kHz สื่อสารโดยใช้คลื่นเสียงผสมกับคลื่นวิทยุเรียกว่า "คลื่นพาหะ" โดยแอมพลิจูดของคลื่นพาหะจะเปลี่ยนแปลงตามแอมพลิจูดคลื่นเสียง สามารถสะท้อนได้ที่บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (คลื่นฟ้า) และสามารถเดินทางไปในแนวระดับตรง ๆ (คลื่นดิน)
2. คลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็ม (F.M., frequency modulation) ความถี่ 88 – 108 MHz สื่อสารโดยใช้คลื่นเสียงผสมกับคลื่นพาหะ โดยความถี่ของคลื่นพาหะจะเปลี่ยนแปลงตามความถี่คลื่นเสียง ไม่สะท้อนที่บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ต้องอาศัยสถานีถ่ายทอดเป็นระยะ ๆ
3. คลื่นที่มีความถี่อื่น ใช้สื่อสารเฉพาะกรณี เช่น ระหว่างเจ้าหน้าที่ของรัฐ, ระบบวิทยุสมัครเล่น
4. คลื่นโทรทัศน ความถี่ 10^8 Hz ไม่สะท้อนที่บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ แต่จะทะลุผ่านไปนอกโลก จึงใช้สถานีถ่ายทอดเป็นระยะหรือการถ่ายทอดผ่านดาวเทียม



2. ไมโครเวฟ (Microwaves)**แหล่งกำเนิด** อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์**ความถี่** $1 \times 10^9 - 3 \times 10^{11}$ Hz**ความยาวคลื่น** $0.3 - 10^{-4}$ m**ประโยชน์** ใช้ในการสื่อสาร ใช้ในการทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารร้อน

- เรดาร์ (radar) ใช้ในการตรวจหาตำแหน่งวัตถุ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟสะท้อนผิวโลหะได้ดี (ใช้ตรวจหาตำแหน่งวัตถุ เช่น เครื่องบิน)
- ตู้อบไมโครเวฟ (microwave oven) ใช้ทำให้อาหารร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารสั่น

3. รังสีอินฟราเรด (Infrared waves)**แหล่งกำเนิด** โมเลกุลของวัตถุ, วัตถุที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ**ความถี่** $10^{11} - 10^{14}$ Hz**ความยาวคลื่น** $10^{-3} - 7 \times 10^{-7}$ m**ประโยชน์**

- ถ่ายภาพพื้นโลกจากดาวเทียม เนื่องจากรังสีอินฟราเรดทะลุผ่านเมฆหมอกที่หนาทึบได้
- รีโมทคอนโทรล (remote control) ใช้ในการควบคุมระยะไกลของโทรทัศน์ เครื่องเสียง
- เส้นใยนำแสง (optical fiber) ใช้รังสีอินฟราเรดเป็นคลื่นพาหะ เนื่องจากแสงธรรมดาถูกรบกวนได้ง่าย

4. แสง (Visible light)**แหล่งกำเนิด** การคายพลังงานเพื่อเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนในอะตอม**ความถี่** $4 \times 10^{14} - 8 \times 10^{14}$ Hz**ความยาวคลื่น** $7 \times 10^{-7} - 4 \times 10^{-7}$ m**ประโยชน์**

- แสงช่วยให้ตาสามารถมองเห็นได้
- แสงเลเซอร์ (LASER) ใช้ประโยชน์ในวงการแพทย์ การผ่าตัด การทำเรซิก
- ใช้ประโยชน์ในการเก็บข้อมูล (optical storage)

แสงสี	ความยาวคลื่น (nm)	ความถี่ (THz)
ม่วง	380 - 450	668 - 789
น้ำเงิน	450 - 495	606 - 668
เขียว	495 - 570	526 - 606
เหลือง	570 - 590	508 - 526
แสด	590 - 620	484 - 508
แดง	620 - 750	400 - 484

5. รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet waves)

แหล่งกำเนิด แสงจากดวงอาทิตย์, การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า

ความถี่ $10^{15} - 10^{18}$ Hz

ความยาวคลื่น $4 \times 10^{-7} - 6 \times 10^{-10}$ m

รังสีอัลตราไวโอเล็ตทำให้บรรยากาศชั้นโอโซนเพิ่มีประจุอิสระ, โอโซนสามารถกั้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี, รังสีอัลตราไวโอเล็ตผ่านแก้วได้ไม่ดี

ประโยชน์

1. ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ในวงการแพทย์

6. รังสีเอกซ์ (X-rays)

แหล่งกำเนิด การหน่วงความเร็วของอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูง

ความถี่ $10^{17} - 10^{21}$ Hz

ความยาวคลื่น $10^{-8} - 10^{-12}$ m

ประโยชน์

1. ใช้ตรวจหารอยร้าวในชิ้นโลหะขนาดใหญ่
2. ใช้ในการตรวจหาโลหะในกระเป๋าเดินทาง
3. ใช้ในการตรวจดูลักษณะผิดปกติของอวัยวะภายในและกระดูก
4. ใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง
5. ใช้ศึกษาการจัดเรียงตัวของอะตอมในผลึก

7. รังสีแกมมา (Gamma rays)

แหล่งกำเนิด การสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี, ปฏิกิริยานิวเคลียร์, รังสีคอสมิกจากนอกโลก

ความถี่ สูงกว่ารังสีเอกซ์

ความยาวคลื่น 10^{-10} ถึงน้อยกว่า 10^{-14} m

ประโยชน์

1. ใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง
2. ใช้ฉายรังสีเพื่อฆ่าเชื้อในอาหาร (ถนอมอาหาร)

Ex1 แหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีหลายอย่างข้อใดที่ไม่ใช่

1. วัตถุที่มีอุณหภูมิสูง
2. อะตอมปลดปล่อยพลังงาน
3. อิเล็กตรอนปลดปล่อยพลังงาน
4. อิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าตรงปลดปล่อยพลังงาน

Ex2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจาก

1. กระแสไฟฟ้าที่มีค่าคงที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ผ่านตัวนำไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า
2. การเคลื่อนที่ของนิวตรอนด้วยความเร่ง
3. วัตถุที่มีอุณหภูมิสูง
4. การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าด้วยความเร็วคงที่

Ex3 ข้อใดเป็นลักษณะของสัญญาณเอเอ็ม

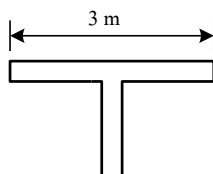
1. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดคงที่ ความถี่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
2. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
3. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่ไม่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
4. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่ไม่คงที่ และไม่สะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

Ex4 สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งหนึ่งออกอากาศด้วยคลื่น 100 เมกะเฮิรตซ์ ถ้าท่านต้องการสร้างเสาอากาศสำหรับรับคลื่นของสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งนี้ ความยาวที่เหมาะสมของเสาอากาศที่ท่านสร้างจะเป็นเท่าใด

1. 0.75 เมตร
2. 1.0 เมตร
3. 1.5 เมตร
4. 3.0 เมตร

Ex5 สายอากาศดังรูป เป็นสายอากาศที่รับวิทยุความถี่เท่าใดที่ดีที่สุด

1. 25 MHz
2. 50 MHz
3. 100 MHz
4. 900 MHz



Ex6 การตรวจหาตำแหน่งของวัตถุด้วยเรดาร์อาศัยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในข้อใด

1. คลื่นสั้น 2. อินฟราเรด 3. ไมโครเวฟ 4. อัลตราไวโอเลต

Ex7 เตาไมโครเวฟทำให้อาหารสุกได้อย่างไร

1. เครื่องให้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดความต้านทาน เพื่อทำให้เกิดความร้อนในเตาไมโครเวฟและทำให้อาหารสุก
2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้อณูของอาหารสั่นสะเทือนจนเกิดความร้อนและอาหารสุก
3. เครื่องแผ่รังสีจนทำให้อาหารสุก
4. เครื่องทำให้ภาชนะของอาหารร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับอาหาร

Ex8 ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของรังสีอินฟราเรด

1. ถ่ายภาพพื้นโลกจากดาวเทียม 2. เครื่องควบคุมระยะไกลของโทรทัศน์
3. ตรวจการผิดปกติของอวัยวะภายใน 4. การส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง

Ex9 ข้อความต่อไปนี้ ข้อความใดผิด

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวางสามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้
2. รังสีแกมมา รังสีเบตา รังสีเอกซ์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง
3. รังสีอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความถี่ในช่วง $10^{11} - 10^{14}$ เฮิรตซ์ และตามปกติสิ่งมีชีวิตจะแผ่รังสีนี้ออกมาตลอดเวลา
4. รังสีอัลตราไวโอเลตเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง $10^{15} - 10^{18}$ เฮิรตซ์ ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสิ่งกีดขวางหนาๆ ได้

Ex10 นักวิทยาศาสตร์รู้ว่าดาวฤกษ์ดวงหนึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอีกดวงหนึ่ง จากคุณสมบัติตามข้อใด

1. คลื่นแสงที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา
2. คลื่นอัลตราไวโอเลตที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา
3. คลื่นรังสีเอกซ์ที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา
4. คลื่นวิทยุที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา

ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า**1. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ (Ent33)**

ก. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

ข. กลุ่มอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในตัวนำ

ค. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความหน่วง

เหตุการณ์ที่จะทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ

1. ก. และ ข.

2. ข. และ ค.

3. ข.

4. ค.

2. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้องตามทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Ent31)

ก. ขณะประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือความหน่วงจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ข. เมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าโดยรอบ ยกเว้นบริเวณนั้นเป็นฉนวน

ค. บริเวณรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าจะเกิดสนามแม่เหล็ก

1. ก. ข. และ ค.

2. ก. และ ค.

3. ค. เท่านั้น

4. ตอบเป็นอย่างอื่น

3. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดผิด ตามทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Ent41)

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น

2. เมื่อประจุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือความหน่วงจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา

3. ขณะที่ฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงผ่านลวดตัวนำจะมีกระแสไฟฟ้าในตัวนำนั้น

4. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณนั้น ยกเว้นบริเวณนั้นจะเป็นฉนวน

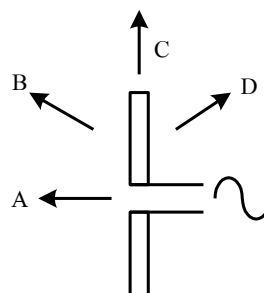
4. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ไปทิศ $+z$ ที่ตำแหน่งและเวลาหนึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทิศของสนามไฟฟ้าในทิศ $-x$ ที่ตำแหน่งและเวลาดังกล่าวจะมีทิศของสนามแม่เหล็กในทิศใด (PAT2 มี.ค.52)1. $+x$ 2. $+y$ 3. $-y$ 4. $-z$ **5. หากมีกระแสสลับความถี่เคลื่อนที่กลับไปมาในสายอากาศ ดังรูป จะมีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปในทิศต่าง ๆ ทิศใดที่คลื่นแผ่ออกแรงที่สุด (Ent36)**

1. A

2. B

3. C

4. D



6. คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ และแสงเลเซอร์ มีความถี่อยู่ในช่วง 10^4 - 10^9 เฮิรตซ์ 10^8 - 10^{12} เฮิรตซ์ และ 10^{14} เฮิรตซ์ ตามลำดับ ถ้าส่งคลื่นเหล่านี้จากโลกไปยังดาวเทียมดวงหนึ่ง ข้อต่อไปนี้เป็นข้อใดถูกต้องมากที่สุด (มีนา 42)

1. คลื่นวิทยุจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไปถึงดาวเทียมน้อยที่สุด
2. แสงเลเซอร์จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไปถึงดาวเทียมน้อยที่สุด
3. คลื่นทั้งสามใช้เวลาเดินทางไปถึงดาวเทียมเท่ากัน
4. หาคำตอบไม่ได้เพราะไม่ได้กำหนดค่าความยาวคลื่นของคลื่นเหล่านี้

7. ถ้าเครื่องส่งลำแสงเลเซอร์มีกำลัง 3 มิลลิวัตต์ พลังงานที่ไปกับลำแสงในระยะทาง 1 เมตรเป็นเท่าใด (Anet50)

1. 1×10^{-11} J
2. 1×10^{-8} J
3. 3×10^{-3} J
4. 9×10^5 J

8. คลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสถานีวิทยุสองแห่ง มีความถี่ 90 เมกะเฮิรตซ์ และ 100 เมกะเฮิรตซ์ ความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุทั้งสองนี้ต่างกันเท่าใด (Onet49)

1. 3.33 m
2. 3.00 m
3. 0.33 m
4. 0.16 m

9. คลื่นวิทยุ FM ความถี่ 88 เมกะเฮิรตซ์ มีความยาวคลื่นเท่าใด กำหนดให้ความเร็วของคลื่นวิทยุเท่ากับ 3.0×10^8 เมตรต่อวินาที (Onet51)

1. 3.0 m
2. 3.4 m
3. 6.0 m
4. 6.8 m

10. ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดไม่ใช่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Anet49)

1. แสงเลเซอร์
2. คลื่นอัลตราซาวด์
3. แสงจันทร์
4. รังสีแกมมา

11. ข้อใดเป็นการเรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความยาวคลื่นน้อยไปมากที่ถูกต้อง (Onet49)

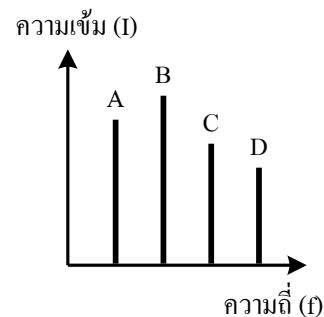
1. รังสีเอกซ์ อินฟราเรด ไมโครเวฟ
2. อินฟราเรด ไมโครเวฟ รังสีเอกซ์
3. รังสีเอกซ์ ไมโครเวฟ อินฟราเรด
4. ไมโครเวฟ อินฟราเรด รังสีเอกซ์

12. คลื่นใดในข้อต่อไปนี้ที่มีความยาวคลื่น**สั้นที่สุด** (Onet52)

1. คลื่นวิทยุ
2. คลื่นอินฟราเรด
3. คลื่นไมโครเวฟ
4. คลื่นแสงที่ตามองเห็น

13. แถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังรูป ถ้า C คือแสงสีเขียว ถามว่าลำดับคลื่นในข้อใดอาจเป็น A, B และ D (PSU 51)

1. รังสีอัลตราไวโอเล็ต แสงน้ำเงิน และรังสีอินฟราเรด
2. แสงสีแดง แสงสีเหลือง และรังสีอัลตราส้าวด์
3. แสงน้ำเงิน แสงสีแดง และแสงสีม่วง
4. รังสีอินฟราเรด แสงสีแดง และ รังสีอัลตราไวโอเล็ต



14. คลื่นวิทยุที่หักเหเข้าไปในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์มีความยาวคลื่นเปลี่ยนไป เพราะเหตุใด (PSU54)

1. คลื่นตกกระทบมีอัตราเร็วมากกว่าคลื่นหักเห
2. คลื่นหักเหมีความถี่มากกว่าคลื่นตกกระทบ
3. คลื่นสะท้อนนำพลังงานบางส่วนออกมา
4. บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นบรรยากาศดูดกลืนพลังงานบางส่วน

15. การฝากสัญญาณเสียงไปกับคลื่นในระบบวิทยุแบบ เอ เอ็ม คลื่นวิทยุที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร (Onet49)

1. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง
2. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามความถี่ของคลื่นเสียง
3. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง
4. คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามความถี่ของคลื่นเสียง

16. สถานีวิทยุแห่งหนึ่งส่งคลื่น FM 100 MHz ด้วยกำลังส่ง 1 kW สัญญาณเสียงของมนุษย์ที่พูดผ่านไมโครโฟนมีความถี่ประมาณ 100 ถึง 4,000 Hz การส่งสัญญาณเสียงของมนุษย์ทำได้โดยการผสมสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณของคลื่นพาหะที่มีความถี่ 100 MHz สัญญาณที่ถูกถ่ายทอดไปตามบ้านเรือนจะมีลักษณะตามข้อใด (PAT2 ต.ค.52)

1. เป็นคลื่นที่มีความถี่ 100 MHz คงที่
2. เป็นคลื่นที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนไป ตามความดังของเสียงมนุษย์
3. เป็นคลื่นที่มีความถี่เปลี่ยนไปเล็กน้อย ตามความถี่ของเสียงพูด
4. เป็นคลื่นที่ประกอบด้วยคลื่นพาหะและสัญญาณเสียงสลับกันไป

17. ข้อใดต่อไปนี้เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาโครงสร้างของผลึกโดยอาศัยการเลี้ยวเบนของคลื่น (7วิชา 55)

1. รังสีแกมมา
2. รังสีเอกซ์
3. แสงอินฟราเรด
4. แสงที่ตาคนมองเห็น
5. แสงอัลตราไวโอเล็ต

18. คลื่นวิทยุที่หักเหเข้าไปในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์มีความยาวคลื่นเปลี่ยนไป เพราะเหตุใด (PSU54)

1. คลื่นตกกระทบมีอัตราเร็วมากกว่าคลื่นหักเห
2. คลื่นหักเหมีความถี่มากกว่าคลื่นตกกระทบ
3. คลื่นสะท้อนนำพลังงานบางส่วนออกมา
4. บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นบรรยากาศดูดกลืนพลังงานบางส่วน