**ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม**

**กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)**

**ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**

**สาระ ฟิสิกส์**

**3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า**

**และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยน**

**พลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า**

**และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ**

**คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์**

| **ชั้น** | **ผลการเรียนรู้** | **สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม** |
| --- | --- | --- |
| ม.4 | - | - |
| ม.5 | 1. ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต | • การนำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาขัดสีกัน จะทำให้วัตถุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า เนื่องจากอิเล็กตรอนถูกถ่ายโอนจากวัตถุหนึ่งไปอีกวัตถุหนึ่ง โดยการถ่ายโอนประจุเป็นไปตาม กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า  • เมื่อนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปใกล้ตัวนำไฟฟ้า จะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำทางด้านที่ใกล้วัตถุและประจุชนิดเดียวกันด้านที่ไกลวัตถุ เรียกวิธีการนี้ว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต ซึ่งสามารถใช้วิธีการนี้ในการทำให้วัตถุมีประจุได้ |
|  | 2. อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของ  คูลอมบ์ | • จุดประจุไฟฟ้ามีแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยมีทิศอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุทั้งสอง และมีขนาดของแรงระหว่างจุดประจุแปรผันตรงกับผลคูณของขนาดของประจุทั้งสองและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุ ซึ่งเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ  เมื่อ |
|  | 3. อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ | • รอบอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า  มีสนามไฟฟ้าขนาด  ทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า  • สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ มีความสัมพันธ์กับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า  ตามสมการ    • สนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ  • ตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้ามีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ และสนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น โดยสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งห่างจากผิวออกไปหาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุที่มีจำนวนประจุเท่ากันแต่อยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม  • สนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ |
|  | 4.อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ | • ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้ามีพลังงานศักย์ไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ  • พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยประจุ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น โดยศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุแปรผันตรงกับขนาดของประจุและแปรผกผันกับระยะทางจากจุดประจุถึงตำแหน่งนั้น เขียนแทนได้ด้วยสมการ    • ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ คือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ เขียนแทนได้ด้วยสมการ  • ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า คืองานในการเคลื่อนประจุบวกหนึ่งหน่วยจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ  • ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขึ้นกับขนาดของสนามไฟฟ้าและระยะทางระหว่างสองตำแหน่งนั้นในแนวขนานกับสนามไฟฟ้า ตามสมการ |
|  | 5. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | • ตัวเก็บประจุประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าสองชิ้นที่คั่นด้วยฉนวน โดยปริมาณประจุที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุ ตามสมการ  • ตัวเก็บประจุจะมีพลังงานสะสมซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และปริมาณประจุ ตามสมการ    • เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ    • เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ |
|  | 6. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด และปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน | • ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่นในอากาศ เครื่องพ่นสี เครื่องถ่ายลายนิ้วมือ และเครื่องถ่ายเอกสาร  • ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตยังสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น ฟ้าผ่า ประกายไฟจากการเสียดสีกันของวัตถุ ซึ่งช่วยให้สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น |
|  | 7. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | • เมื่อต่อลวดตัวนำกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า  ซึ่งทิศของกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า หรือมีทิศทางจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า  • กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ตามสมการ |
|  | 8. ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง อธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูลเมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน | • เมื่ออุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะ ความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองและความต้านทานของตัวนำนั้นมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม เขียนแทนได้ด้วยสมการ  • ความต้านทานของวัตถุเมื่ออุณหภูมิคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของวัตถุ ตามสมการ    • ค่าความต้านทานของตัวต้านทานอ่านได้จากแถบสีบนตัวต้านทาน  • เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบอนุกรม ความต้านทานสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ    • เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบขนาน ความต้านทานสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ |
|  | 9. ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า | • แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานไฟฟ้าแก่วงจร พลังงานไฟฟ้าที่ประจุไฟฟ้าได้รับต่อหนึ่งหน่วยประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า อีเอ็มเอฟ คำนวณได้จากสมการ    • พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ  และ |
|  | 10. ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน | • เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ  และ  ตามลำดับ  • เมื่อนำแบตเตอรี่ที่เหมือนกันมาต่อแบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลมีค่าคงเดิม และความต้านทานภายในสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ  และ  ตามลำดับ  • กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน คำนวณได้ตามสมการ |
|  | 11. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน | • การนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ  • เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานเป็นการนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น |
| ม.6 | 1. สังเกต และอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกต และอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรง และโซเลนอยด์ | • เส้นสนามแม่เหล็กเป็นเส้นสมมติที่ใช้แสดงบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก โดยบริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมากแสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มมาก  • ฟลักซ์แม่เหล็ก คือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ    • เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงหรือ  โซเลนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น |
|  | 2. อธิบาย และคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน | • อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น คำนวณได้จากสมการ  • กรณีที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากเข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะทำให้ประจุเคลื่อนที่เปลี่ยนไป โดยรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ    • ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น โดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา และคำนวณขนาดของแรงได้จากสมการ    • เมื่อวางเส้นลวดสองเส้นขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านทั้งสองเส้น จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง |
|  | 3. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง | • เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน ซึ่งนำไปใช้อธิบายการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยโมเมนต์ของแรงคู่ควบคำนวณได้จากสมการ |
|  | 4. สังเกต และอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า | • เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดขดลวดตัวนำ จะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำนั้น อธิบายได้โดยใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ    • ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้โดยใช้กฎของเลนซ์  • ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แบลลัสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกีตาร์ไฟฟ้า |
|  | 5. อธิบาย และคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส | • ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือนมีความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์  • การวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าสลับใช้ค่ายังผลหรือค่ามิเตอร์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย คำนวณได้จากสมการ |
|  | 6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | • เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มีขดลวดตัวนำ 3 ชุด แต่ละชุดวางทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกัน ไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุดจะมีเฟสต่างกัน 120 องศา ซึ่งช่วยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้า  • ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องเพิ่มอีเอ็มเอฟจากโรงไฟฟ้าแล้วลดอีเอ็มเอฟให้มีค่าที่ต้องการโดยใช้หม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ  • ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง โดยอีเอ็มเอฟในขดลวดทุติยภูมิขึ้นกับอีเอ็มเอฟในขดลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง ตามสมการ |
|  | 7. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของ  คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไม่โพลาไรส์ แสงโพลาไรส์เชิงเส้น และแผ่นโพลารอยด์ รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้และหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง | • การเหนี่ยวนำต่อเนื่องระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกจากแหล่งกำเนิด  • คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยสนามทั้งสองมีทิศตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น  • แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง โดยแสงในชีวิตประจำวันเป็นแสงไม่โพลาไรส์ เมื่อแสงนั้นผ่านแผ่นโพลารอยด์ สนามไฟฟ้าจะมีทิศทางอยู่ในระนาบเดียวเรียกว่า แสงโพลาไรส์เชิงเส้น สมบัติของแสงลักษณะนี้เรียกว่า โพลาไรเซชัน  • คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ต่าง ๆ มากมาย โดยความถี่นี้มีค่าต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง เรียกว่า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า  • ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้า เช่น เครื่องฉายรังสีเอกซ์ เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก เครื่องถ่ายภาพเอกซ์เรย์คอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายภาพการสั่นพ้องแม่เหล็ก |
|  | 8. สืบค้น และอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศ และเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล | • การสื่อสารเพื่อส่งผ่านสารสนเทศจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ทำได้โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สารสนเทศจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณสำหรับส่งไปยังปลายทางซึ่งจะมีการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสารสนเทศที่เหมือนเดิม  • สัญญาณมีสองชนิดคือแอนะล็อกและดิจิทัล โดยการส่งผ่านสารสนเทศด้วยสัญญาณดิจิทัลมีความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณแอนะล็อก |