

ชั้นเรียนแรกใน

ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า

ระดับมหาวิทยาลัย



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ห้องสมุดทิวศรี



401016890



ภากร ไทยพิทักษ์

คำนำ

ตำราชั้นเรียนแรกในทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าระดับมหาวิทยาลัยเป็นตำราที่รวบรวมเนื้อหาในส่วนของไฟฟ้า และแม่เหล็กจากการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ 2 ซึ่งเป็นวิชาสำหรับนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ครุศาสตรบัณฑิตสาขาฟิสิกส์ และผู้ที่มีความสนใจในทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า เนื้อหาของตำรานี้ถูกแบ่งออกเป็น 5 บท รวมทั้งสิ้น 18 หัวข้อ แจกแจงออกเป็น บทที่ 1 จะประกอบด้วยหัวข้อ 1.1 ประจุไฟฟ้า และแรงทางไฟฟ้า 1.2 สนามไฟฟ้า 1.3 การหาสนามไฟฟ้าจากวัตถุที่มีรูปร่าง และ 1.4 กฎของเกาส์ ในบทที่ 2 ประกอบด้วยหัวข้อ 2.1 ศักย์ไฟฟ้า และพลังงานศักย์ไฟฟ้า 2.2 การหาศักย์ไฟฟ้าจากวัตถุที่มีรูปร่าง 2.3 ความจุประจุของตัวเก็บประจุ 2.4 กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ถัดไปคือบทที่ 3 ประกอบด้วยหัวข้อ 3.1 อำนวยแม่เหล็ก และสนามแม่เหล็ก 3.2 แรงจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุ 3.3 แรงแม่เหล็กบนตัวนำที่มีกระแส และ 3.4 พลังงานศักย์แม่เหล็ก ในบทที่ 4 ประกอบด้วยหัวข้อ 4.1 กฎของบีโอดต์-ซาวาร์ต 4.2 กฎของแอมแปร์ 4.3 กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และค่าความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และ 4.4 วัสดุแม่เหล็ก ที่กล่าวถึงแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นได้เมื่อนำสารมาวางไว้ใกล้กับแท่งแม่เหล็ก และบทที่ 5 เป็นบทสุดท้าย ประกอบด้วยหัวข้อ 5.1 สมการแมกซ์เวลล์ และ 5.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และโฟตอน ซึ่งเชื่อมโยงไปถึงวิชาฟิสิกส์ยุคใหม่ ส่วนท้ายของแต่ละบทมีแบบฝึกหัด บทละ 20 ข้อ ประกอบด้วยโจทย์แบบปรนัย 10 ข้อ เพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และโจทย์แบบอัตนัยอีก 10 ข้อ เพื่อฝึกฝนการบูรณาการทักษะการคำนวณ และความรู้รวมแก้โจทย์ปัญหา

เนื้อหาที่ไม่กล่าวถึงในตำราเล่มนี้คือเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าทั้งวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้เขียนได้แยกเนื้อหาส่วนนี้ออกไปเพราะต้องการเน้นเนื้อหาไปที่ส่วนของแม่เหล็กไฟฟ้าเท่านั้น

ผู้เรียนที่ใช้ตำรานี้ควรมีพื้นฐานจากวิชาแคลคูลัส 1 ในระดับที่สามารถคำนวณอนุพันธ์และปริพันธ์ (หรืออินทิเกรต) ของฟังก์ชันเบื้องต้นได้ และควรมีพื้นฐานจากวิชาฟิสิกส์ 1 ในเรื่อง

เวกเตอร์ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน งานพลังงาน และโมเมนตัม จากพื้นฐานเหล่านี้ ผู้เขียนหวังว่า ตำราเล่มนี้จะเป็นการต่อยอด และเพิ่มพูนความรู้ในทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า เกี่ยวกับสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าจากวัตถุที่มีประจุที่มีรูปร่าง พลังงานศักย์ไฟฟ้า สนามแม่เหล็กจากเส้นลวดที่มีกระแส สารไดอิเล็กทริก วัสดุแม่เหล็ก พลังงานศักย์แม่เหล็ก สมการแมกซ์เวลล์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โฟตอน เป็นต้น อีกทั้งยังส่งเสริมทักษะทางคณิตศาสตร์ ในเรื่องของ การแยกองค์ประกอบเวกเตอร์ การใช้ระบบพิกัดทรงกระบอก ระบบพิกัดทรงกลม การทำปริพันธ์ตามเส้น ปริพันธ์พื้นที่ และปริพันธ์ปริมาตร เป็นต้น โดยในตำรานี้จะอธิบายเนื้อหาแม่เหล็กไฟฟ้าไปพร้อมกับแสดงวิธีคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องโดยใช้หน่วยมาตรฐานสากล อย่างเป็นขั้นเป็นตอน พร้อมกับรูปประกอบที่ผู้เขียนได้วาดขึ้นเอง (จึงขอละการอ้างอิงถึงที่มาของรูป) จึงมั่นใจว่ารูปที่ใช้ในตำราทุกรูป นี้ได้รับการออกแบบเป็นอย่างดี ให้มีความชัดเจน และสอดคล้องกับแนวทางการอธิบายให้มากที่สุด จากที่กล่าวมานี้ ผู้เขียนเชื่อว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนวิชาฟิสิกส์ 2 และต่อผู้เรียนที่ต้องการใช้ประกอบการเรียนวิชาแม่เหล็กไฟฟ้าขั้นสูงต่อไป

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่มีส่วนให้กำลังใจในการทำงานทั้งยังให้คำปรึกษาตลอดช่วงเวลาการเขียนตำรานี้ และขอขอบคุณนักศึกษาทุกคนที่เข้ามาเรียนวิชาของสาขาวิชานี้ ทำให้ผู้เขียนได้มีโอกาสปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้สอนที่ต้องฝึกฝนทบทวน จนความรู้เพียงพอที่จะเขียนตำราเล่มนี้ได้สำเร็จ

ภากร ไทยพิทักษ์

กันยายน 2560

(๑๓) สารบัญ

บทที่ 1 ไฟฟ้าสถิต	1
1.1 ประจุไฟฟ้า และแรงทางไฟฟ้า	2
1.1.1 ประจุไฟฟ้า	2
1.1.2 กฎของคูลอมบ์	3
1.2 สนามไฟฟ้า	9
1.2.1 ความหมายของสนามไฟฟ้า	9
1.2.2 ขนาด และทิศทางของสนามไฟฟ้า	10
1.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับแรงทางไฟฟ้า	12
1.3 การหาสนามไฟฟ้าจากวัตถุที่มีรูปร่าง	18
1.3.1 หลักการ และแนวทางการคำนวณ	18
1.3.2 สนามไฟฟ้าจากลวดตรงที่มีประจุ	19
1.3.3 สนามไฟฟ้าจากวัตถุรูปจานที่มีประจุ	25
1.4 กฎของเกาส์	37
1.4.1 ฟลักซ์ของเวกเตอร์	37
1.4.2 กฎของเกาส์สำหรับสนามไฟฟ้า	39
1.4.3 สนามไฟฟ้าภายนอกวัตถุทรงกลมที่มีประจุ	41
1.4.4 หลักการหาสนามไฟฟ้าภายในวัตถุที่มีประจुरूปร่างต่าง ๆ	44
1.4.5 สนามไฟฟ้าภายในวัตถุทรงกลมที่มีประจุ	46
1.4.6 สนามไฟฟ้าภายนอกวัตถุทรงกระบอกยาวมากที่มีประจุ	48
1.4.7 สนามไฟฟ้าภายในวัตถุทรงกระบอกยาวมากที่มีประจุ	51
1.4.8 สนามไฟฟ้าจากแผ่นราบขนาดใหญ่มากที่มีประจุ	53
สรุปเนื้อหาบทที่ 1	63
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1	64

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 2 ศักย์ไฟฟ้า และความจุของตัวเก็บประจุ	71
2.1 ศักย์ไฟฟ้า และพลังงานศักย์ไฟฟ้า	72
2.1.1 ความหมายของศักย์ไฟฟ้า	72
2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้า และพลังงานศักย์ไฟฟ้า	74
2.1.3 ศักย์ไฟฟ้า และงานต่อประจุ	76
2.1.4 คณิตศาสตร์ และความเชื่อมโยงของปริมาณทั้งสอง	81
2.2 การหาศักย์ไฟฟ้าจากวัตถุที่มีรูปร่าง	89
2.2.1 หลักการ และแนวทางการคำนวณ	89
2.2.2 ศักย์ไฟฟ้าจากลวดตรงที่มีประจุ	90
2.2.3 ศักย์ไฟฟ้าภายนอก และภายในทรงกลมตันที่มีประจุ	93
2.2.4 ศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลม และทรงกลมกลวงผิวบางที่มีประจุ	97
2.3 ความจุประจุของตัวเก็บประจุ	105
2.3.1 หลักการของตัวเก็บประจุ และค่าความจุประจุ	105
2.3.2 การหาค่าความจุสำหรับระบบแผ่นตัวนำคู่ขนาน	108
2.3.3 การหาค่าความจุสำหรับระบบตัวนำทรงกระบอกซ้อนกัน	110
2.3.4 การหาค่าความจุสำหรับระบบตัวนำทรงกลมซ้อนกัน	111
2.3.5 สารไดอิเล็กทริก	113
2.4 กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า	123
2.4.1 นิยามของกระแสไฟฟ้า	123
2.4.2 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของพาหะไฟฟ้า	124
2.4.3 กระแสไฟฟ้าที่ผ่านความต่างศักย์	127
2.4.4 ความต้านทานในเนื้อวัสดุ	130
2.4.5 กฎของโอห์ม	133
สรุปเนื้อหาบทที่ 2	137
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	139

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 3 แม่เหล็กสถิต	145
3.1 อำนาจแม่เหล็ก และสนามแม่เหล็ก	146
3.1.1 ขั้วแม่เหล็ก และความหมายของสนามแม่เหล็ก	146
3.1.2 กฎของเกาส์สำหรับสนามแม่เหล็ก	150
3.2 แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุ	154
3.2.1 แรงแลอรेंटซ์	154
3.2.2 การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุภายใต้แรงแลอรेंटซ์	157
3.2.3 รั้งสี่แคโทด และการค้นพบอิเล็กตรอน	160
3.2.4 การเคลื่อนที่รูปวงกลมของอนุภาคที่มีประจุภายใต้สนามแม่เหล็ก	162
3.2.5 การเคลื่อนที่รูปเกลียวของอนุภาคที่มีประจุภายใต้สนามแม่เหล็ก	164
3.3 แรงแม่เหล็กบนตัวนำที่มีกระแส	171
3.3.1 แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแส	171
3.3.2 ทอร์กของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อวงลวด หรือขดลวดที่มีกระแส	181
3.3.3 ปฏิกิริยาการเหนี่ยวนำ	187
3.4 พลังงานศักย์แม่เหล็ก	194
3.4.1 แนวคิดของการคำนวณหาพลังงานศักย์	194
3.4.2 พลังงานศักย์ของอนุภาคในสนามแม่เหล็ก	195
3.4.3 พลังงานศักย์จากทอร์กของแรงแม่เหล็ก	195
3.4.4 พลังงานศักย์วางนัยทั่วไปของแรงแลอรेंटซ์	199
3.4.5 อภิปรายผลการคำนวณพลังงานศักย์วางนัยทั่วไปของแรงแลอรेंटซ์	204
สรุปเนื้อหาท้ายบทที่ 3	208
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	210

(๕) สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 4 แม่เหล็กไฟฟ้า	217
4.1 กฎของบิโอต์-ซาวาร์ต	218
4.1.1 หลักการของกฎของบิโอต์-ซาวาร์ต	218
4.1.2 สนามแม่เหล็กจากลวดตรงที่มีกระแส	220
4.1.3 สนามแม่เหล็กจากขดลวดวงกลมที่มีกระแส	223
4.2 กฎของแอมแปร์	230
4.2.1 หลักการของกฎของแอมแปร์	230
4.2.2 สนามแม่เหล็กจากลวดตรงยาวมากที่มีกระแส	233
4.2.3 สนามแม่เหล็กจากขดลวดโซลินอยด์ที่มีกระแส	235
4.2.4 สนามแม่เหล็กจากขดลวดทอรรอยด์ที่มีกระแส	237
4.3 กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และค่าความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก	241
4.3.1 การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	241
4.3.2 การคำนวณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และการระบุขั้ว	242
4.3.3 ความเหนี่ยวนำ และตัวเหนี่ยวนำ	247
4.4 วัสดุแม่เหล็ก	254
4.4.1 แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจากระดับอะตอม	254
4.4.2 วัสดุเฟอร์โรแมกเนติก และวัสดุพาราแมกเนติก	257
4.4.3 วัสดุไดอะแมกเนติก	259
4.4.4 วัสดุแม่เหล็กกับแท่งแม่เหล็กถาวร	261
สรุปเนื้อหาบทที่ 4	263
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4	265

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5 สมการแมกซ์เวลล์ และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	273
5.1 สมการแมกซ์เวลล์	274
5.1.1 การรวมกฎทางไฟฟ้า และกฎทางแม่เหล็ก	274
5.1.2 กฎของฟาราเดย์สำหรับการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้า	275
5.1.3 กระแสกระจัด	277
5.1.4 ชุดสมการแมกซ์เวลล์	280
5.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และโพตอน	287
5.2.1 ประวัติศาสตร์ของแสง	287
5.2.2 สมบัติความเป็นคลื่นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	288
5.2.3 การส่งผ่านพลังงานโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	293
5.2.4 การส่งผ่านโมเมนตัมโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	298
5.2.5 สมบัติความเป็นอนุภาคของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	302
สรุปเนื้อหาบทที่ 5	309
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5	311
ภาคผนวก	317
ภาคผนวก ก คำคงตัว	319
ภาคผนวก ข ตารางปริมาณที่เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสสาร	321
ภาคผนวก ค แคลคูลัสสำหรับวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า	325
ภาคผนวก ง เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	329
บรรณานุกรม	347
ดัชนี	349
ประวัติผู้เขียน	357

สามารถยืมและติดตามหนังสือใหม่ได้ที่ ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ Walai Autolib

<https://lib.rmutp.ac.th/catalog/BibItem.aspx?BibID=600108296>



[Multi view](#) [View map](#)

ชั้นเรียนแรกในทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าระดับมหาวิทยาลัย / อากาศ ไทยพิทักษ์.

Author	อากาศ ไทยพิทักษ์
Published	กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2565
Edition	พิมพ์ครั้งที่ 1
Detail	356 หน้า : ภาพประกอบ ; 26 ซม
Subject	ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แม่เหล็กไฟฟ้า
ISBN	9789740341055
ประเภทแหล่งที่มา	Book

สำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรีและการอ้างอิงเท่านั้น