ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249122

ชุดกิจกรรมหัวข้อออสซิลโลสโคปเพื่อการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรง และขดลวดโซลินอยด์

นางสาวพัชนิต ตรงงาม

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2553

b00253630

อุปกรณ์หัววัดฮอลล์ที่ผลิตขึ้นสำหรับการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรงและขดลวดโซลินอยด์

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัย
249122

นางสาวชญานิศ ทองมาก คบ. (ฟิสิกส์)

โครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2553

สำนักงานคณะกรรมการวิจัย ห้องสมุดงานวิจัย

คณะกรรมการสอบโครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการสอบโครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระ
(ดร.ปณิตา ชินเวชกิจวานิชย์)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระ
(ผศ.ดร.วันดี อ่อนเรียบร้อย)

..... กรรมการ
(ดร.ตุลา จูฑะรสก)

..... กรรมการ
(ดร.ธนภรณ์ โตโสภณ)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อโครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระ	อุปกรณ์หัววัดฮอลล์ที่ผลิตขึ้นสำหรับการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรงและขดลวดโซลินอยด์
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นางสาวชญานิศ ทองมาก
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วันดี อ่อนเรียบร้อย
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ศึกษา
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

249122

โครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ได้ออกแบบหัววัดฮอลล์ที่ผลิตขึ้นเองสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป้าหมายของงานนี้คือการพิสูจน์กฎของบิโอท์-ซาวาร์ทและกฎของแอมแปร์ โดยได้สร้างหัววัดฮอลล์เพื่อใช้วัดความเข้มสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรงและขดลวดโซลินอยด์ ซึ่งออกแบบมาเพื่อวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในช่วง $\pm$ 200 mT ด้วยเครื่องมือนี้นักเรียนสามารถวัดความเข้มสนามแม่เหล็กที่ระยะห่างจากลวดตัวนำตรงที่ระยะต่างๆ และยังสามารถวัดความเข้มสนามแม่เหล็กที่กึ่งกลางของขดลวดโซลินอยด์ที่ปริมาณกระแสต่างๆ เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวัดหลายๆ จุดมาวิเคราะห์ร่วมกับสมการ จะสามารถคำนวณหาค่า μ_0 ได้พบว่ามีค่าเท่ากับ $4.08\pi \times 10^{-7}$ H/m ซึ่งมีค่าแตกต่างจากค่ามาตรฐานน้อยกว่า 4 %

คำสำคัญ : หัววัดฮอลล์/ สนามแม่เหล็ก/ การสอนฟิสิกส์

Independent Study Title	Homemade Hall Probe Device for Physics Teaching-Learning in Magnetic Field due to Current in a Long Straight Wire and Solenoid
Independent Study Credits	6
Candidate	Miss Chayanid Tongmak
Independent Study Advisor	Asst. Prof. Dr. Wandee Onreabroy
Program	Master of Science
Field of Study	Physics Education
Department	Physics
Faculty	Science
B.E.	2553

Abstract

This independent project, a homemade Hall probe for high school students was designed. The goal was to experimentally verify both Biot-Savart law and Ampere's law. It was used to measure the strength of the magnetic field produced by current carried in a straight wire and a solenoid. It has been designed to measure magnetic field strength in the range of ± 200 mT. Using this apparatus, students are able to measure the strength of the magnetic field near the middle of the wire as a function of the distance from the wire. Moreover, students are able to measure the strength of the magnetic field in the middle of a solenoid as a function of the current. Several data points were taken to determine the value of μ_0 that was found to be $4.08\pi \times 10^{-7}$ H/m. This value differed from the standard value by less than 4%.

249122

Keywords: Hall Probe/ Magnetic Field/ Physics Teaching

กิตติกรรมประกาศ

การสร้างอุปกรณ์หัววัดฮอลล์สำหรับการเรียนการสอนฟิสิกส์นี้ สำเร็จได้เป็นอย่างดีซึ่งได้รับคำแนะนำและได้รับความช่วยเหลือจากผู้รู้หลายท่าน ซึ่งได้ให้คำแนะนำ บอกแนวทางในการแก้ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำงาน จนทำให้งานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วันดี อ่อนเรียบร้อย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขจนประสบความสำเร็จ ขอขอบคุณอาจารย์ลักษณ์ อภิรักษ์มนตรี โรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำเรื่องวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่เป็นคณะกรรมการสอบ ที่ทำให้งานนี้ครบถ้วนสมบูรณ์ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

กิตติกรรมประกาศ ง

สารบัญ จ

รายการตาราง ช

รายการรูปประกอบ ซ

รายการสัญลักษณ์ ฎ

บทที่

1. บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง **3**

2.1 แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก (Magnetic and Magnetic field) 3

2.2 เส้นแรงแม่เหล็กหรือฟลักซ์ของสนามแม่เหล็ก (Magnetic flux) 4

2.3 ปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall Effect) 7

2.4 ตัวรับรู้ฮอลล์ (Linear Hall Sensor) 11

2.5 ตัวต้านทาน (Resister) 14

2.6 ตัวเก็บประจุ (Capacitor) 15

2.7 เอสซีอาร์ (SCR : Silicon Controlled Rectifier) 19

2.8 ไดโอด (Diode) 21

2.9 กฎของบิโอท์-ซาวาร์ท 23

2.10 กฎของแอมแปร์ 24

2.11 สนามแม่เหล็กในชีวิตประจำวัน 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. วิธีการดำเนินงาน **30**

3.1 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์หัววัด 31

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น 36

3.3 การทดลองหาค่า μ_0 จากอุปกรณ์หัววัดฮอลล์ที่สร้างขึ้น 39

3.4 การศึกษาหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ที่มีวัสดุต่างๆ เป็นแกน 45

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง **49**

4.1 ผลการออกแบบและประกอบชุดวงจรฮอลล์ 50

4.2 ผลการศึกษาแรงดันของอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้นเทียบกับความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิง 51

4.3 ผลการทดลองหาค่า μ_0 จากอุปกรณ์หัววัดฮอลล์ที่สร้างขึ้น 55

4.4 ผลการวัดแรงดันฮอลล์และความเข้มสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ที่มีวัสดุต่างๆ เป็นแกน 69

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ **73**

5.1 สรุปผลการทดลอง 73

5.2 ข้อเสนอแนะ 74

เอกสารอ้างอิง **75**

ภาคผนวก **77**

ข้อมูลของ IC UGN3503U 77

ประวัติผู้วิจัย **85**

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	แสดงคุณสมบัติของ IC UGN3503U	12
2.2	แสดงหน่วยของตัวเก็บประจุมาตรฐาน Electronic Industry Association	16
4.1	บันทึกผลการทดลองแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแรงดันฮอลล์จากหัววัดที่สร้างขึ้น (V_H, V) กับความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิง (B_{ref}, mT) ที่ระยะห่างระหว่างแท่งแม่เหล็กกับหัววัดต่าง ๆ	52
4.2	บันทึกผลการทดลองแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ (V_H, V) กับความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิง (B_{ref}, mT) เมื่อวัดกับลวดตัวนำตรงในระยะที่กำหนด	56
4.3	บันทึกผลความเข้มสนามแม่เหล็กจากอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น (Hall sensor) และความเข้มสนามแม่เหล็กจากเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กอ้างอิง (Tesla meter) เมื่อวัดกับลวดตัวนำตรงในระยะที่กำหนด	57
4.4	แสดงค่าความซึมได้ทางแม่เหล็กของอากาศเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรง	62
4.5	บันทึกผลการทดลองแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ (V_H, V) กับความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิง (B_{ref}, mT) ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์	63
4.6	บันทึกผลการทดลองวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์จากอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น (Hall sensor) และเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กอ้างอิง (Tesla meter)	64
4.7	แสดงค่าความซึมได้ทางแม่เหล็กของอากาศเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์	68
4.8	บันทึกผลการทดลองวัดแรงดันฮอลล์จากอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ที่มีวัสดุต่างๆ เป็นแกน	69
4.9	บันทึกผลการทดลองวัดความเข้มสนามแม่เหล็กจากอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น (Hall sensor) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ที่มีวัสดุต่างๆ เป็นแกน	70
4.10	บันทึกผลการทดลองวัดความเข้มสนามแม่เหล็กจากเครื่องมือวัดอ้างอิง (Tesla meter) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ที่มีวัสดุต่างๆ เป็นแกน	71

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	แสดงแท่งแม่เหล็กดูดติดกับตะปู	3
2.2	แสดงทิศของสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็ก (ก) ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กแบบเกือกม้า (ข) ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแผ่นแม่เหล็ก และ (ค) ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก	4
2.3	แสดงเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งผ่านพื้นที่ A เมื่อ (ก) เส้นแรงแม่เหล็กตั้งฉากกับผิวที่มีพื้นที่ A และ (ข) เส้นแรงแม่เหล็กไม่ตั้งฉากกับผิวที่มีพื้นที่ A	5
2.4	(ก) แสดงทิศทางของแรงแม่เหล็กที่เกิดจาก $\vec{v} \times \vec{B}$ และ (ข) แสดงการหาทิศทางของแรงแม่เหล็กจากกฎมือขวา	7
2.5	(ก) แสดงการเกิดปรากฏการณ์ฮอลล์สำหรับพาหะประจุที่เป็นประจุลบ และ (ข) แสดงการวัดค่าความต่างศักย์ฮอลล์	8
2.6	แสดงการเกิดปรากฏการณ์ฮอลล์สำหรับพาหะประจุที่เป็นประจุบวก และ (ข) แสดงการวัดค่าความต่างศักย์ฮอลล์	8
2.7	แสดงทิศทางการเกิดปรากฏการณ์ฮอลล์	9
2.8	วงจรรวมตัวรับรู้ฮอลล์ UGN3503U	11
2.9	การต่อตัวรับรู้ฮอลล์กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและโวลต์มิเตอร์	12
2.10	ลักษณะหัววัด (ก) หัววัดแบบตามขวาง (ข) หัววัดแบบตามยาว และ (ค) เทสลามิเตอร์แบบพกพา	13
2.11	แสดงสัญลักษณ์ของตัวต้านทาน (ก) ตัวต้านทานแบบค่าคงที่ และ (ข) ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้	14
2.12	แสดงตัวต้านทานค่าคงที่ชนิดต่างๆ	14
2.13	แสดงตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดต่างๆ	15
2.14	โครงสร้างตัวเก็บประจุ	15
2.15	(ก) โครงสร้างของตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ และ (ข) สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่	17
2.16	แสดงตัวเก็บประจุชนิดไมกา	17
2.17	แสดงตัวเก็บประจุชนิดพลาสติก	18
2.18	แสดงตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้ (ก) รูปร่างลักษณะของตัวเก็บประจุ และ (ข) สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้	19

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
2.19	(ก) สัญลักษณ์ของ SCR และ (ข) โครงสร้างของ SCR	19
2.20	(ก) การแบ่งโครงสร้างของ SCR และ (ข) สัญลักษณ์การต่อทรานซิสเตอร์จากการแบ่งโครงสร้างของ SCR	20
2.21	(ก) ไอซี 78XX ตัวถังแบบ TO-220 และ (ข) ไอซี 7805 ตัวถังแบบ TO-220	21
2.22	(ก) ไอซี 79XX ตัวถังแบบ TO-220 และ (ข) ไอซี 7905 ตัวถังแบบ TO-220	21
2.23	ลักษณะและสัญลักษณ์ของไดโอด	22
2.24	สนามแม่เหล็กเกิดจากลวดตัวนำตรงตามกฎของบิโอท์-ซาวาร์ท	23
2.25	ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อ (ก) ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรง และ (ข) มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรง	24
2.26	(ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำตรงยาว และ (ข) แสดงการหาทิศของสนามแม่เหล็กตามกฎมือขวา	25
2.27	สนามแม่เหล็กจากขดลวดโซลินอยด์	26
2.28	ภาพตัดขวางของขดลวดโซลินอยด์	27
2.29	เปรียบเทียบความเข้มสนามแม่เหล็กของขดลวดโซลินอยด์ (ก) เมื่อแกนต่างกัน และ (ข) เมื่อจำนวนรอบของขดลวดที่พันไม่เท่ากัน	28
2.30	การนำแม่เหล็กไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	29
3.1	ส่วนประกอบของอุปกรณ์หัววัดฮอลล์ (ก) หัววัดฮอลล์และชุดวงจรไฟเลี้ยง (ข) ชุดวงจรเร็กติไฟร์ และ (ค) หม้อแปลง	32
3.2	วงจรเร็กติไฟร์	33
3.3	วงจรหัววัดฮอลล์	33
3.4	แสดงการวัดสนามแม่เหล็ก	34
3.5	วงจรการปรับเทียบแรงดัน	34
3.6	(ก) กล่องอุปกรณ์หัววัดฮอลล์ (ข) หัววัดฮอลล์แบบตามขวาง และ (ค) หัววัดฮอลล์แบบตามยาว	35
3.7	มัลติมิเตอร์	36
3.8	เทสลามิเตอร์	36

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
3.9	ส่วนประกอบการทดลองในการวัดแรงดันฮอลล์ของอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น (ก) การต่ออุปกรณ์การทดลอง และ (ข) การทดลองวัดแรงดันฮอลล์ของอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น	37
3.10	การวัดความเข้มสนามแม่เหล็กของหัววัดอ้างอิงจากแท่งแม่เหล็ก	38
3.11	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 0 – 18 V	40
3.12	เส้นลวดทองแดง	40
3.13	ขดลวดโซลินอยด์จำนวน 2,800 รอบ	40
3.14	(ก) แสดงการต่อชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรง และ (ข) ลักษณะการวางหัววัด	41
3.15	การทดลองหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำตรง (ก) การทดลองวัดค่าแรงดันฮอลล์จากอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น และ (ข) การทดลองวัดความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิงจาก เทสลามิเตอร์	42
3.16	แสดงรายละเอียดการต่อชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์	43
3.17	การทดลองหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ (ก) การทดลองวัดค่าแรงดันฮอลล์จากอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น และ (ข) การทดลองวัดความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิงจากเทสลามิเตอร์	44
3.18	(ก) แท่งเหล็ก (ข) แท่งอะลูมิเนียม และ (ค) แท่งทองแดง	46
3.19	แสดงรายละเอียดการต่อชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ที่มีวัสดุต่างๆ เป็นแกน	47
3.20	การทดลองหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ที่มีวัสดุต่างๆ เป็นแกน (ก) การทดลองวัดค่าแรงดันฮอลล์จากอุปกรณ์หัววัดที่สร้างขึ้น และ (ข) การทดลองวัดความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิงจากเทสลามิเตอร์	47
4.1	แสดงทิศทางของเข็มทิศที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก	49
4.2	(ก) การทดลองหาทิศทางของเข็มทิศเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ และ (ข) ทิศทางของเข็มทิศเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์	49
4.3	(ก) การทดลองหาทิศทางของเข็มทิศเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ และ (ข) ทิศทางของเข็มทิศเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์	50

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.4	(ก) ชุดอุปกรณ์หัววัดฮอลล์ (ข) หัววัดแบบตามยาว และ (ค) หัววัดแบบตามขวาง	51
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ (V_H, V) กับความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิง (mT) ในช่วงความเข้มสนามแม่เหล็กประมาณ $\pm$ 100 mT	53
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ (V_H, V) กับความเข้มสนามแม่เหล็กอ้างอิง (mT) ในช่วงความเข้มสนามแม่เหล็กประมาณ $\pm$ 1 mT	54
4.7	แสดงความสัมพันธ์ของความเข้มสนามแม่เหล็กของหัววัดที่สร้างขึ้น (Hall sensor) และหัววัดอ้างอิง (Tesla meter) ที่ระยะต่างๆ	58
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างหนึ่งส่วนระยะห่างกับความเข้มสนามแม่เหล็ก	59
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้ากับความเข้มสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์	65

รายการสัญลักษณ์

A	=	หน่วยของกระแสไฟฟ้าในหน่วย แอมแปร์
B	=	ความเข้มสนามแม่เหล็ก
cm	=	หน่วยของความยาวในหน่วยเซนติเมตร
d	=	ความหนา
$\vec{E}_H$	=	สนามไฟฟ้าฮอลล์
e	=	ประจุอิเล็กตรอน
F	=	หน่วยของความจุไฟฟ้าในหน่วย ฟารัด
$\vec{F}_B$	=	แรงแม่เหล็ก
$\vec{F}_E$	=	แรงไฟฟ้า
G	=	หน่วยของสนามแม่เหล็กในหน่วยเกาส์
I	=	กระแสไฟฟ้า
L	=	ความยาว
n	=	ความหนาแน่นของประจุ
T	=	หน่วยของสนามแม่เหล็กในหน่วย เทสลา
t	=	เวลา
V	=	หน่วยของความต่างศักย์ในหน่วยโวลต์
$\vec{v}_d$	=	ความเร็วลอยเลื่อน
V_H	=	ความต่างศักย์ฮอลล์
Δ	=	การเปลี่ยนแปลง
Σ	=	การหาผลรวม
Ω	=	หน่วยวัดความต้านทานไฟฟ้าในหน่วย โอห์ม
μ_0	=	ความซึมได้ทางแม่เหล็กของอากาศ
μ_r	=	ความซึมได้ทางแม่เหล็กของวัสดุ
$\oint$	=	การอินทริเกรตรอบผิวปิด
ϕ	=	ฟลักซ์แม่เหล็ก