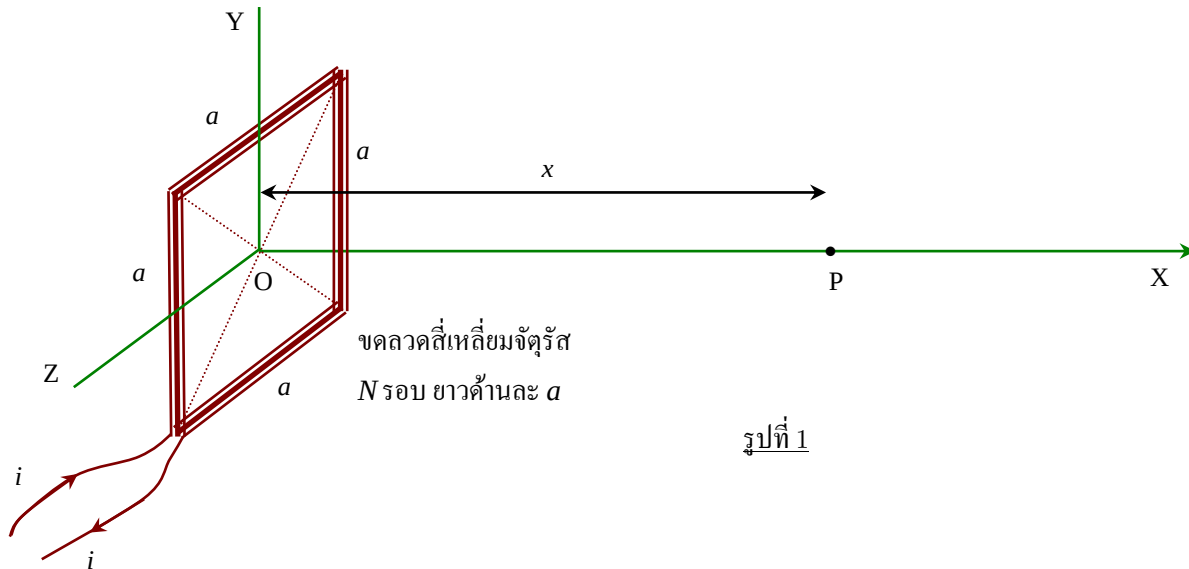




ข้อสอบภาคปฏิบัติ ข้อ 1: Hall Effect Sensor

บทนำ

เมื่อกระแสไฟฟ้าตรงผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นที่บริเวณโดยรอบและภายในขดลวด และที่จุด P ซึ่งอยู่บนแนวที่ผ่านกึ่งกลางขดลวดดังรูปที่ 1 จะมีค่าสนามแม่เหล็กดังสมการ (1)

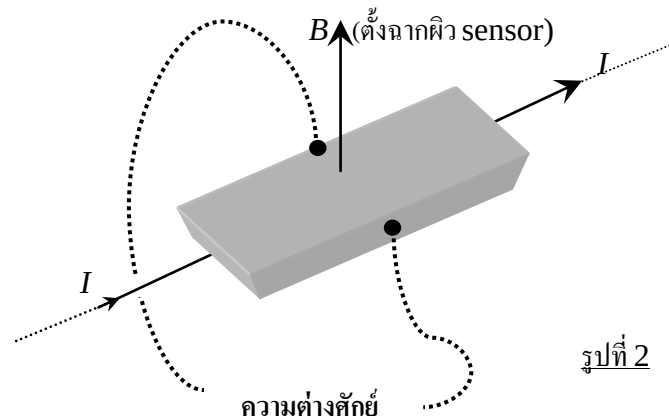


$$B_{PX} = \left(\frac{\mu_0 a^2 i N}{2\pi} \right) \left[\frac{1}{\left(x^2 + \left(\frac{a}{2} \right)^2 \right) \sqrt{x^2 + 2 \left(\frac{a}{2} \right)^2}} \right] \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ μ_0 สภาพให้ซึมผ่านได้ของสุญญากาศ (permeability of free space) $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

ปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall effect) เป็นปรากฏการณ์ที่ความต่างศักย์เกิดขึ้นในตัวนำหรือสารกึ่งตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางตัวในสนามแม่เหล็กตามขวาง ดังรูปที่ 2 โดยค่าความต่างศักย์ที่เปลี่ยนแปลงแปรผันตรงกับค่าสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนไป ความต่างศักย์ดังกล่าวมักเรียกกันว่า ความต่างศักย์ฮอลล์ (Hall voltage) อุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้สมบัติเช่นนี้เรียกว่า Hall effect sensor

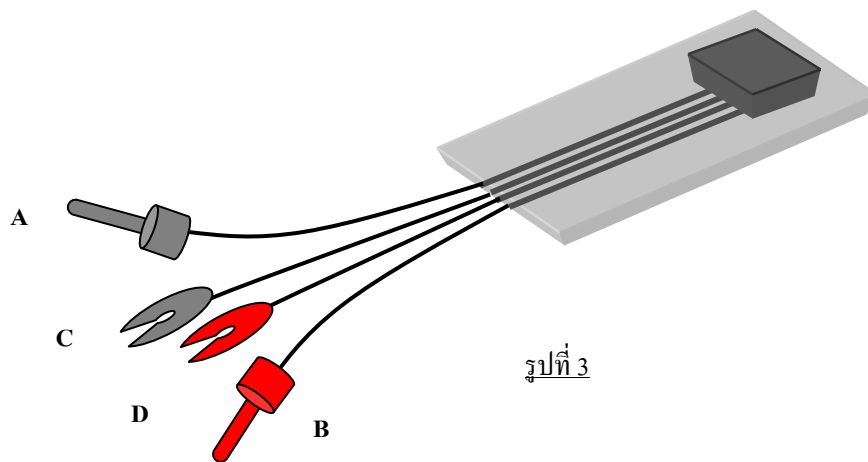
ในการทดลองนี้ จะเป็นการหาความไว (sensitivity) ของ Hall effect sensor แล้วใช้อุปกรณ์นี้วัดค่าสนามแม่เหล็กของแผ่นแม่เหล็กถาวรที่กำหนดให้



อุปกรณ์ที่มีให้

1. ชุดขดลวดสำหรับให้สนามแม่เหล็ก (ความต้านทาน $5.2 \pm 0.1 \, \Omega$ และจำนวน 130 รอบ)
2. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ด้านขวาใช้กับขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมขดลวด 4.8 โวลต์ ส่วนด้านซ้ายใช้กับ Hall effect sensor
3. Hall effect sensor ซึ่งติดตั้งไว้บนแท่นไม้แล้ว (ห้ามแกะ sensor ออกจากแท่นไม้)
4. โวลต์มิเตอร์ (ให้ใช้เป็นโวลต์มิเตอร์กระแสตรง $\overline{V}$ เท่านั้น !)
5. แม่เหล็กแผ่นกลมแบน
6. แท่งแม่เหล็กทรงกระบอก ใช้สำหรับหาแนวสนามแม่เหล็กโลก
7. ชุดสายไฟ
8. ไม้บรรทัด
9. กระดาษกาว
10. กระดาษกราฟ
11. ดินน้ำมัน

รูปที่ 3 แสดงการต่อขั้วไฟฟ้าสำหรับ Hall effect sensor ที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งจำเป็นต้องจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้า 5 โวลต์ให้แก่ตัว sensor ผ่านขั้วไฟฟ้า A (0 V) และ B (+5 V) ความต่างศักย์ที่เกิดจาก Hall effect จะอ่านได้จากการวัดที่ขั้ว C และ D โดยที่ sensor ชนิดนี้มีวงจรมีขั้วสัญญาณในตัว และจะให้ค่าสัญญาณ V_{out} ระหว่างขั้ว C และ D ประมาณ 2.5 โวลต์ เมื่อค่าสนามแม่เหล็กเป็นศูนย์ และให้สัญญาณ V_{out} มากขึ้นหรือน้อยลง ขึ้นกับทิศของสนามแม่เหล็กเทียบกับ sensor



การทดลอง

จงใช้อุปกรณ์และข้อมูลที่ให้ เพื่อทดลองเก็บข้อมูลเพื่อตอบคำถามดังต่อไปนี้ โดยแสดงวิธีการทดลอง ให้ละเอียดครบถ้วน พร้อมรูปประกอบแสดงการจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด มีผลการทดลอง การวิเคราะห์ผล และการหาค่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดได้จากการทดลอง (คำตอบซึ่งได้มาโดยไม่ได้แสดงวิธีการ อาจจะไม่ได้รับการพิจารณาคะแนนให้)

- Hall effect sensor ที่ให้ไปนี้มีค่าความไว หรือ ค่าความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปต่อการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็ก 1 gauss (1 gauss = 10^{-4} tesla) เป็นเท่าไร
- ค่าสนามแม่เหล็กที่ผิว (B_0) ของแผ่นแม่เหล็กกลม มีค่าเท่าไร
- Hall effect sensor นี้สามารถใช้วัดหาค่าสนามแม่เหล็กโลกได้หรือไม่

ข้อมูลเพิ่มเติม

- สำหรับแม่เหล็กรูปแผ่นจานกลมรัศมี r หนา t สนามแม่เหล็กบนจุดที่ระยะ y จากแผ่นไปตามแนวที่ผ่านจุดศูนย์กลางและตั้งฉากกับแผ่น มีค่าตามสูตรต่อไปนี้

$$B(y) = B_0 \sqrt{1 + \left(\frac{r}{t}\right)^2} \left\{ \frac{y+t}{\sqrt{(y+t)^2 + r^2}} - \frac{y}{\sqrt{y^2 + r^2}} \right\}$$

โดยที่ B_0 คือสนามแม่เหล็กที่ผิวของแผ่นแม่เหล็ก

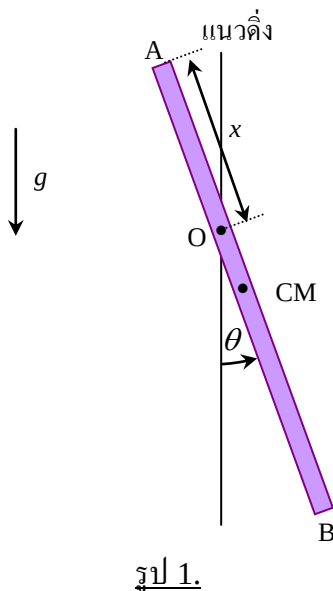


ข้อสอบภาคปฏิบัติ ข้อ 2: การวัดค่า g ของโลกโดยใช้ลูกตุ้มกายภาพ

$$g \neq 10 \text{ m/s}^2$$

ในรูป 1. AB เป็นท่อนทรงกระบอกตัน ยาว $2L$ มวล M รัศมี R สามารถแกว่งได้คล่องรอบแกนที่วางตัวในแนวระดับผ่านจุด O ปลาย A ของท่อน AB อยู่ห่างจากจุด O เป็นระยะทาง x มุม θ เป็นมุมที่จังหวัดเวลา t ใดๆ

ส่วนที่ 1 การพิสูจน์สูตรที่จะใช้ [0.8 คะแนน]



จงพิสูจน์ว่าในการแกว่งท่อน AB ด้วยแอมพลิจูดเล็กๆ คาบ T ของการแกว่งมีค่าเป็น

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\left(\frac{L^2}{3} + \frac{R^2}{4}\right) \frac{1}{L-x} + (L-x)} \quad \dots (1)$$

กำหนดให้ โมเมนต์ความเฉื่อยของท่อน AB รอบแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลและตั้งฉากกับท่อน AB $I_{CM} = M \left[\frac{L^2}{3} + \frac{R^2}{4} \right]$

ส่วนที่ 2 การทดลอง [9.2 คะแนน]

อุปกรณ์ที่จัดให้ประกอบด้วย:

- ชุดทดลองลูกตุ้มกายภาพประกอบด้วย ขาตั้ง ท่อนเกลียว AB ซึ่งปรับระยะ x ได้ (ดูรูป 2)
- ไม้บรรทัด
- นาฬิกาจับเวลา
- กระดาษกราฟ

ให้ทำการทดลองโดยวัดค่า T สำหรับ x ค่าต่างๆ จำนวนหลายๆ ค่า จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่า g โดยการเขียนกราฟระหว่างปริมาณที่เหมาะสม มา 2 แบบ พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของ g ในแต่ละแบบด้วย

