



Magnets & Magnetic Fields

[20 คะแนน]

Solution & Marking Scheme

ตอนที่ 1

[9.0 คะแนน]

1.a บันทึกผลการทดลอง

[2.3 คะแนน]

$$V_0 = 2.445 \pm 0.001 \text{ volt}$$

แต่ละจุดวัดซ้ำ 3 ครั้งเพราะเลื่อนเพียงเล็กน้อยตัวเลขก็เปลี่ยนบริเวณระยะใกล้ ๆ

ส่วนบริเวณไกล ๆ สนามมีค่าน้อย ตัวเลขแทบไม่เปลี่ยนในการวัดแต่ละครั้ง

x (mm)	วัดครั้งที่ 1 V_1 (volt)	วัดครั้งที่ 2 V_2 (volt)	วัดครั้งที่ 3 V_3 (volt)	$\langle \Delta V \rangle$ (volt)	B (mT)	$\log x$	$\log B$
17	2.740	2.720	2.713	0.279	9.238	1.23	0.966
22	2.584	2.574	2.576	0.133	4.398	1.34	0.643
24	2.550	2.550	2.548	0.104	3.450	1.38	0.538
27	2.518	2.517	2.517	0.072	2.392	1.43	0.379
29	2.505	2.503	2.502	0.058	1.929	1.46	0.285
32	2.492	2.488	2.489	0.045	1.477	1.51	0.169
34	2.482	2.481	2.482	0.037	1.213	1.53	0.084
37	2.474	2.474	2.474	0.029	0.959	1.57	-0.018
39	2.470	2.469	2.470	0.025	0.816	1.59	-0.088
42	2.466	2.465	2.465	0.020	0.672	1.62	-0.172
44	2.463	2.462	2.462	0.017	0.573	1.64	-0.242
47	2.460	2.460	2.460	0.015	0.496	1.67	-0.304
49	2.458	2.458	2.458	0.013	0.430	1.69	-0.367
52	2.456	2.456	2.456	0.011	0.364	1.72	-0.439



Solution & Marking Scheme

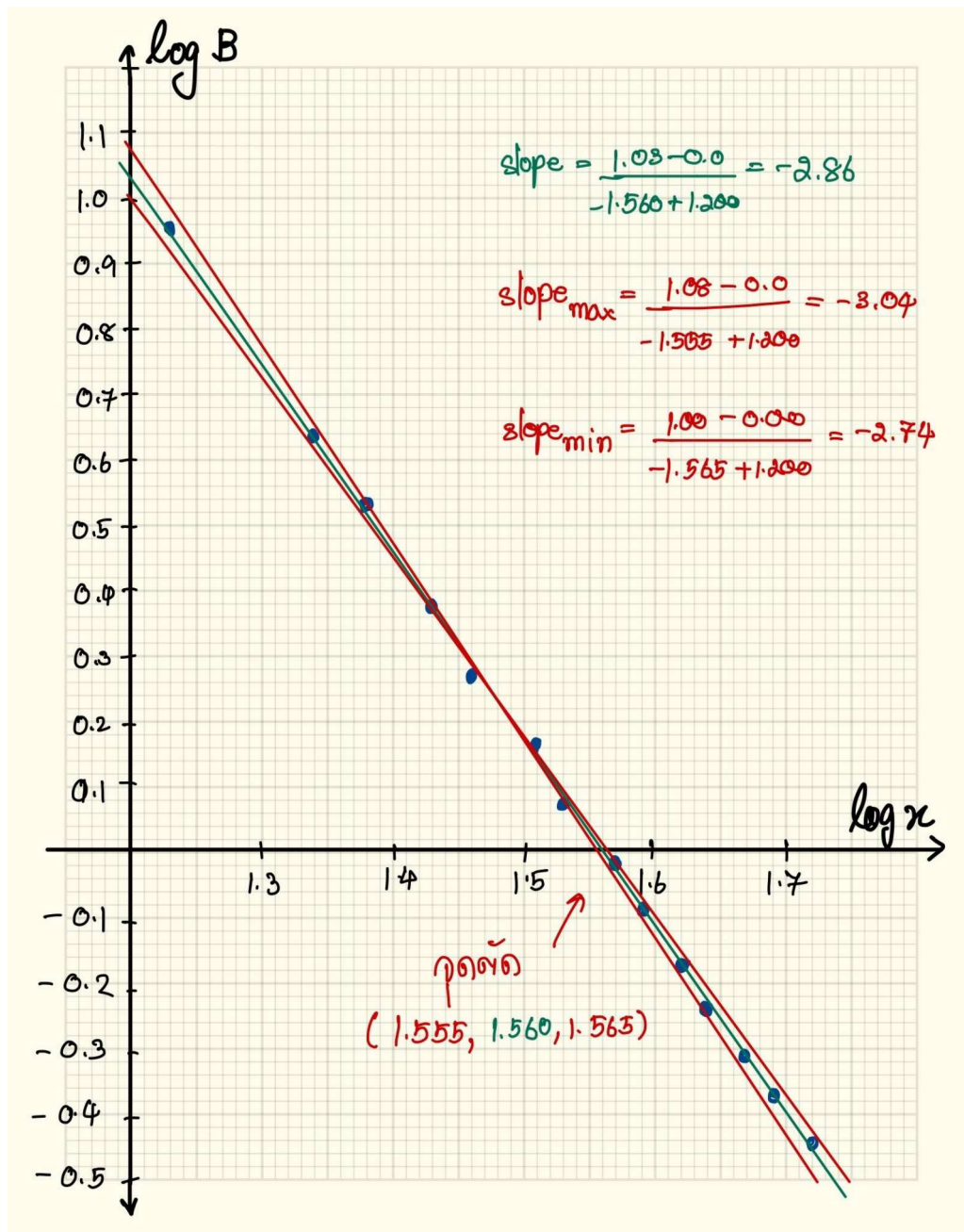
การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

1.b การคำนวณและการวาดกราฟ

[3.6 คะแนน]





Solution & Marking Scheme

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

1.c การคำนวณค่า n จากกราฟเส้นตรง

[1.4 คะแนน]

ทฤษฎี

$$\text{จากสมการ } B(x) = \frac{\mu_0 m}{2\pi} x^n$$

$$\text{เมื่อใช้สนามแม่เหล็กในหน่วย mT และระยะทางในหน่วย mm จะได้ } B(x) = \frac{\mu_0 m}{2\pi} \frac{1000}{1000^n} x^n$$

(หรือนักเรียนอาจใช้หน่วยเทสลาและเมตร)

$$\text{แปลงเป็นสมการเส้นตรง } \log B = \log\left(\frac{\mu_0 m}{2\pi} \frac{1000}{1000^n}\right) + n \log x$$

ดังนั้นความชันเท่ากับ n

จากการลากเส้นแนวโน้มบนกราฟ ได้ ความชัน $n = -2.86$

ความชันอีกสองค่าจากการลากกราฟจุดที่คลาดเคลื่อนได้ $n = -3.04, -2.74$

ดังนั้น $n = -2.9 \pm 0.2$



1.d การคำนวณค่า M

[1.7 คะแนน]

ทฤษฎี

$$\text{จากสมการ } B(x) = \frac{\mu_0 m}{2\pi} x^n$$

$$\text{เมื่อใช้สนามแม่เหล็กในหน่วย mT และระยะทางในหน่วย mm จะได้ } B(x) = \frac{\mu_0 m}{2\pi} \frac{1000}{1000^n} x^n$$

จุดตัดแกนนอน คือจุดที่ $\log B = 0$ หรือ $B = 1$ mT

$$\text{ดังนั้น } m = \frac{1000^n}{1000} \frac{2\pi}{\mu_0} \frac{1}{x_0^n} \text{ เมื่อตัดแกนนอนที่ตำแหน่ง } \log x_0 \text{ (เมื่อ } x_0 \text{ ในหน่วย mm)}$$

จากการลากเส้นแนวโน้มบนกราฟ ได้ ความชัน $n = -2.86$

ความชันอีกสองค่าจากการลากกราฟจุดที่คลาดเคลื่อนได้ $n = -3.04, -2.74$

$$n = -2.86 \rightarrow \text{จุดตัดแกนนอน } \log x_0 = 1.560 \text{ หรือ } x_0 = 36.3 \text{ mm แทนค่าได้ } m = 0.380 \text{ Am}^2$$

$$n = -3.04 \rightarrow \text{จุดตัดแกนนอน } \log x_0 = 1.555 \text{ หรือ } x_0 = 35.9 \text{ mm แทนค่าได้ } m = 0.203 \text{ Am}^2$$

$$n = -2.74 \rightarrow \text{จุดตัดแกนนอน } \log x_0 = 1.565 \text{ หรือ } x_0 = 36.7 \text{ mm แทนค่าได้ } m = 0.584 \text{ Am}^2$$

$$\text{ดังนั้น } m = 0.38 \pm 0.19 \text{ Am}^2$$

ใช้ไม้บรรทัดความเส้นผ่านศูนย์กลางของแม่เหล็กได้รัศมี $R = 5.00 \pm 0.25$ mm

และได้ความยาว $L = 4.00 \pm 0.25$ mm

$$\text{คำนวณ } M = \frac{m}{\pi R^2 L} = (1.2 \pm 0.6) \times 10^6 \text{ A/m}$$



Solution & Marking Scheme

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

ตอนที่ 2

[6.7 คะแนน]

2.a. บันทึกผลการทดลอง

[1.9 คะแนน]

วัดแต่ละจุดซ้ำ 3 ครั้ง เพราะตัวเลขความต่างศักย์ขยับตลอดเวลา

(ข้อมูลชุดนี้มาจาก Hall sensor ชุดเดียวกับ part 1.)

$2d$ (mm)	V_1 (volt)	V_2 (volt)	V_2 (volt)	ΔV (volt)	B_g (mT)	$1 - \frac{d}{\sqrt{(d^2 + R^2)}}$
6.0	3.356	3.297	3.267	0.862	28.5	0.486
8.0	3.090	3.065	3.098	0.639	21.2	0.375
10.0	2.945	2.944	2.965	0.506	16.8	0.293
12.0	2.866	2.896	2.840	0.422	14.0	0.232
14.0	2.784	2.833	2.822	0.368	12.2	0.186
16.0	2.715	2.758	2.767	0.302	10.0	0.152
18.0	2.694	2.694	2.715	0.256	8.5	0.126
20.0	2.653	2.644	2.673	0.212	7.0	0.106
22.0	2.637	2.641	2.650	0.198	6.5	0.090
24.0	2.599	2.632	2.649	0.182	6.0	0.077



Solution & Marking Scheme

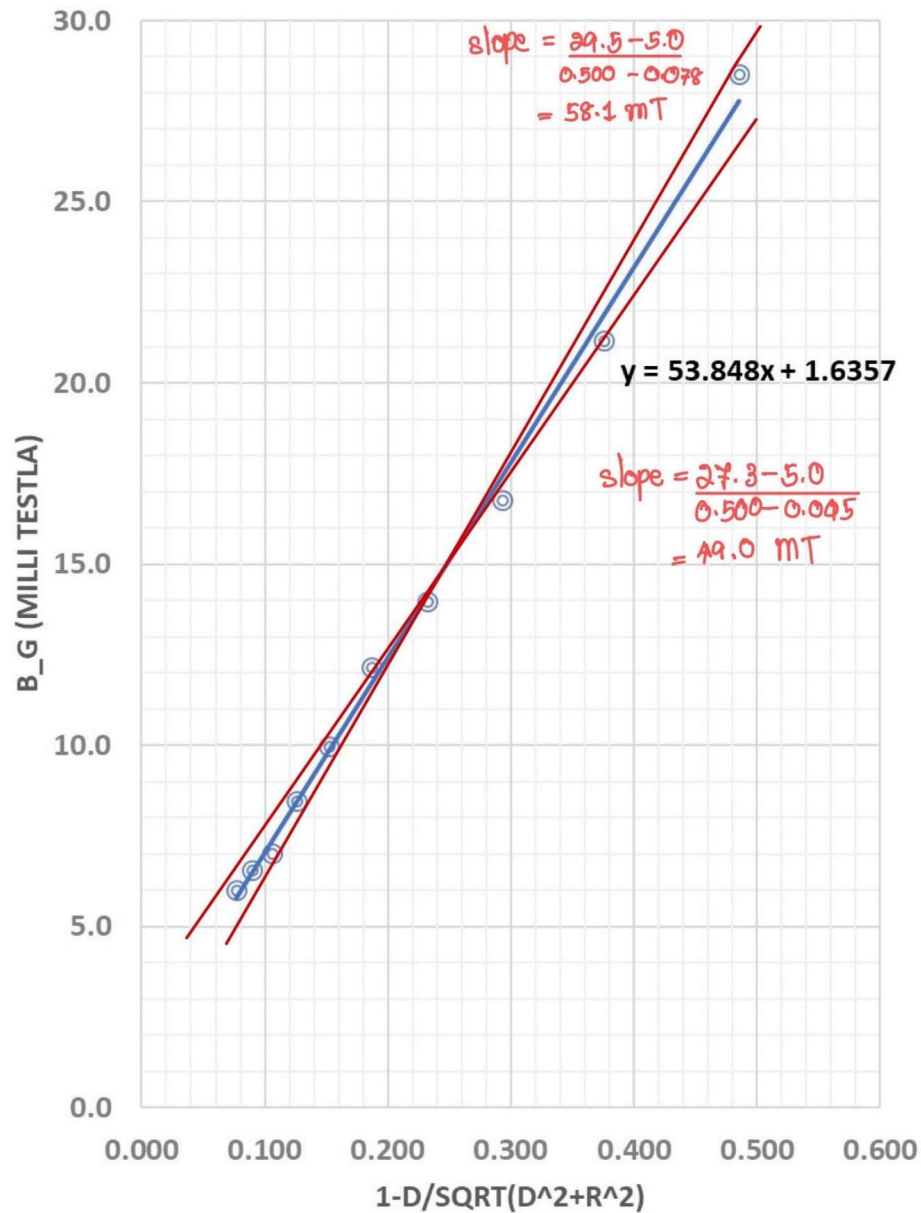
การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

2.b การ plot จุดจากการทดลอง

[3.4 คะแนน]





Solution & Marking Scheme

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

2.c การคำนวณค่า B_0 จากกราฟเส้นตรง

[1.4 คะแนน]

ทฤษฎี

$$\text{จากสมการ } B_g \approx 2B_0 \left(1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 + R^2}}\right)$$

ดังนั้นความชันของกราฟ B_g vs. $\left(1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 + R^2}}\right)$ จึงเท่ากับ $2B_0$

จากการลากเส้นแนวโน้มบนกราฟ ได้ ความชัน 53.8 mT

ลากเส้นอีก 2 เส้นเพื่อหา error ได้ความชัน 58.1, 49.0 mT

$$\text{ได้ } 2B_0 = 53.8 \pm 4.6 \text{ mT}$$

$$\text{ดังนั้น } B_0 = 26.9 \pm 2.3 \text{ mT}$$

$$\text{อัตราส่วน } \frac{B_g}{B_{pole}} = 0.048 \pm 0.004$$



ตอนที่ 3

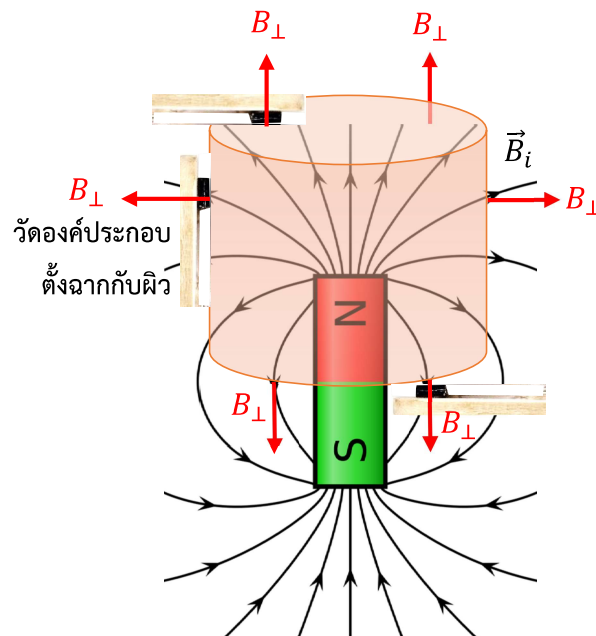
[4.3 คะแนน]

3.a ออกแบบการทดลอง

[1.2 คะแนน]

แบบที่ 1

เนื่องจากหากวัดใกล้เกินไปจะเกิด non-linear จึงต้องสร้างผิว Gaussian ครอบผิวครึ่งบนแท่งแม่เหล็ก โดยห่างจากผิวแม่เหล็กพอสมควร



การทดลอง

- วัดสนามแม่เหล็กที่ผิว Gaussian ตามจุดต่าง ๆ จำนวนประมาณ 10 จุด
- ให้ระนาบของ Hall sensor ขนานกับผิว ณ จุดที่วัด (วัดเฉพาะ component ที่ตั้งฉากกับระนาบของพื้นที่ $\Delta\Phi = \vec{B} \cdot \Delta\vec{a}_i = B_{\perp}\Delta a_i$)
- หาฟลักซ์โดยแบ่งผิวออกเป็นวงแหวน
 - ด้านข้าง $\Delta\Phi = B \cdot 2\pi r \delta z$
 - ด้านบน (ด้านล่าง) $\Delta\Phi = B \cdot \pi(r_2^2 - r_1^2)$ สำหรับวงแหวนรัศมีภายนอก r_2 และรัศมีภายใน r_1



Solution & Marking Scheme

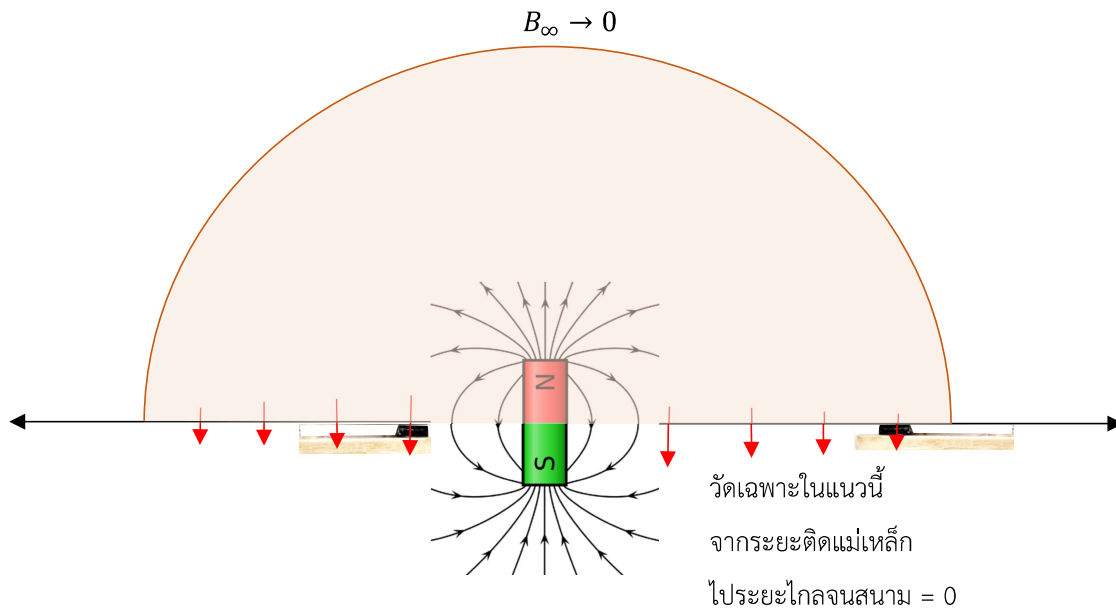
การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

แบบที่ 2

ใช้ผิวครึ่งทรงกลมที่รัศมีไกลมาก สนามที่ออกจากครึ่งบนหัวเหนือจะตกวงกลับไปหัวใต้ จึงวัดเฉพาะบริเวณฐานของครึ่งทรงกลมได้



การทดลอง

- วัดสนามแม่เหล็กที่ผิวฐานของครึ่งทรงกลมเอาเฉพาะสนามที่ตั้งฉากกับเส้นแบ่งครึ่ง
- หาฟลักซ์โดยแบ่งผิวออกเป็นวงแหวน
 - $\Delta\Phi = B \cdot \pi(r_2^2 - r_1^2)$ สำหรับวงแหวนรัศมีภายนอก r_2 และรัศมีภายใน r_1
- ต้องวัดไปจนระยะไกลจนกระทั่ง $\Delta V \approx 0.01$



Solution & Marking Scheme

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

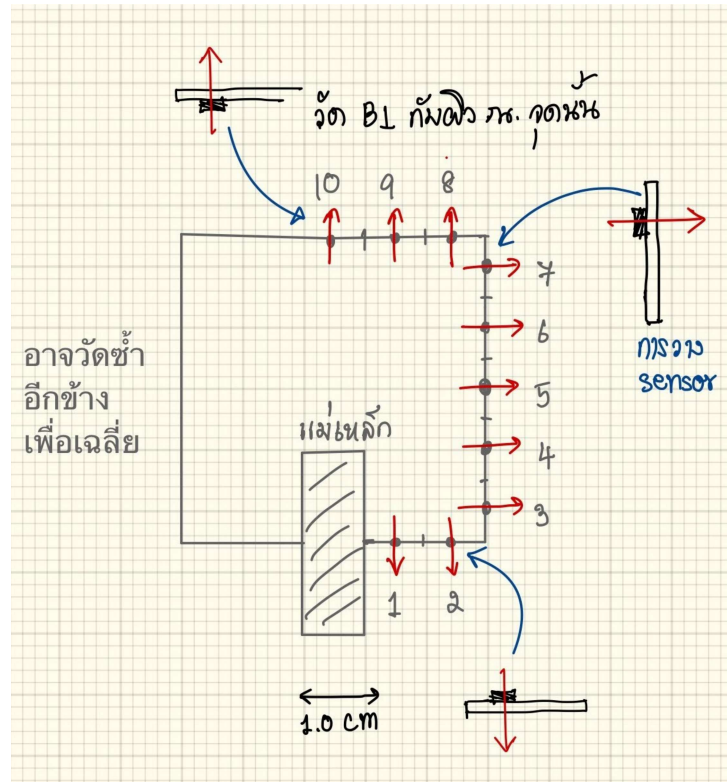
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

3.b บันทึกผลการทดลองและผลที่ได้

[3.1 คะแนน]

แบบที่ 1



จุดที่	V (volt)	ΔV (volt)	B (mT)	สูตรพื้นที่	พื้นที่ (cm^2)	ฟลักซ์ (Wb)
1	3.702, 3.710	1.261	41.7	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	6.283	2.62×10^{-5}
2	2.914	0.469	15.5	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	12.56	1.95×10^{-5}
3	2.509	0.064	2.1	$2\pi r \delta z$	15.71	3.30×10^{-6}
4	2.681	0.236	7.8	$2\pi r \delta z$	15.71	1.23×10^{-5}



Solution & Marking Scheme

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

5	2.696	0.251	8.3	$2\pi r \delta z$	15.71	1.30×10^{-5}
6	2.593	0.148	4.9	$2\pi r \delta z$	15.71	7.70×10^{-6}
7	2.518	0.073	2.4	$2\pi r \delta z$	15.71	3.77×10^{-6}
8	2.518	0.073	2.4	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	12.56	3.01×10^{-6}
9	2.560	0.115	3.8	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	6.283	2.39×10^{-6}
10	2.587	0.142	4.7	πr^2	0.785	3.69×10^{-7}
รวม						9.15×10^{-5}

จุดสังเกต: หากคำนวณค่า $B_{\text{pole}} \times \pi r^2 = 4.4 \times 10^{-5}$ Wb ที่ปลายแท่งแม่เหล็ก

คิดเป็นประมาณครึ่งหนึ่งของฟลักซ์ทั้งหมด แสดงว่าฟลักซ์อีกครึ่งหนึ่งออกมาทางผิวด้านข้างของทรงกระบอก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของแท่งแม่เหล็กทรงกระบอกทั่วไปหรือขดลวดโซลินอยด์

คำนวณ M จาก $\Phi_B \approx \mu_0 M \left(\frac{L/2}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}} \right) \pi R^2$ เมื่อ $R = 5.0$ mm และ $L = 30.0$ mm

หมายเหตุ: ต้นฉบับมีเลข 2 เกินมา แต่ไม่มีผลต่อกระบวนการทดลองและการให้คะแนน

ได้ $M \approx 0.98 \times 10^6$ A/m



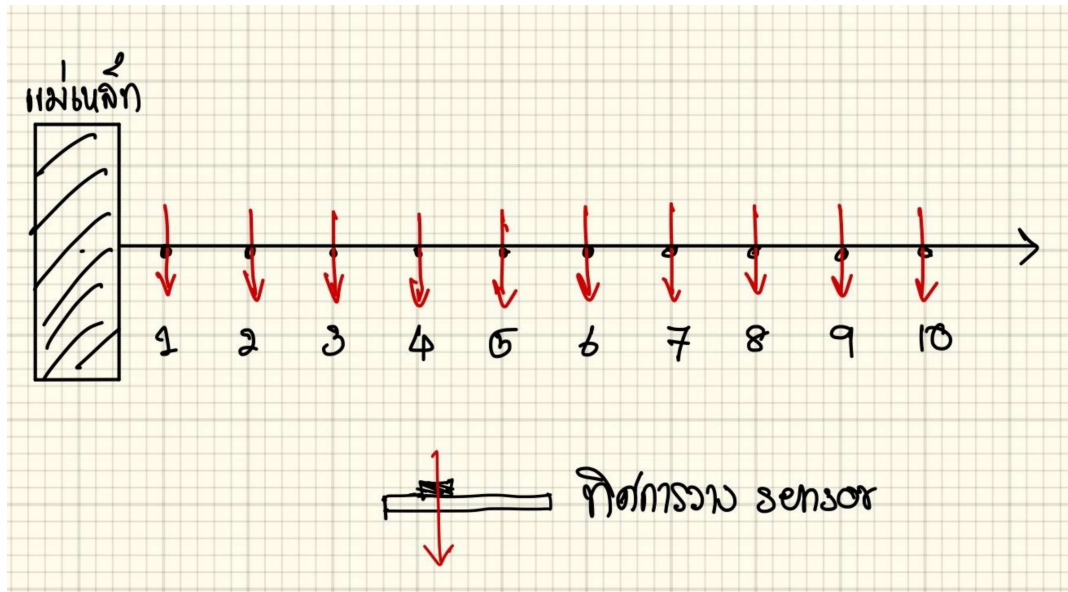
Solution & Marking Scheme

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

แบบที่ 2





Solution & Marking Scheme

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิกระดับชาติ ครั้งที่ 21

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565

เครื่องมืออีกชุด $V_0 = 2.522$ volt

X (cm)	V (volt)	ΔV (volt)	B (mT)	สูตรพื้นที่	พื้นที่ (cm ²)	ฟลักซ์ (Wb)
1.0	3.762	1.240	41.04	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	6.28	2.579E-05
2.0	3.075	0.553	18.30	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	12.57	2.300E-05
3.0	2.741	0.219	7.25	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	18.85	1.367E-05
4.0	2.617	0.095	3.14	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	25.14	7.904E-06
5.0	2.575	0.053	1.75	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	31.42	5.512E-06
6.0	2.554	0.032	1.06	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	37.70	3.994E-06
7.0	2.542	0.020	0.66	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	43.99	2.912E-06
8.0	2.536	0.014	0.46	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	50.27	2.330E-06
9.0	2.533	0.011	0.36	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	56.56	2.059E-06
10.0	2.531	0.009	0.30	$\pi(r_2^2 - r_1^2)$	62.84	1.872E-06
รวม						8.90×10^{-5}

จุดสังเกต: หากคำนวณค่า $B_{\text{pole}} \times \pi r^2 = 4.4 \times 10^{-5}$ Wb ที่ปลายแท่งแม่เหล็ก

คิดเป็นประมาณครึ่งหนึ่งของฟลักซ์ทั้งหมด แสดงว่าฟลักซ์อีกครึ่งหนึ่งออกมาทางผิวด้านข้างของทรงกระบอก ซึ่ง

สอดคล้องกับทฤษฎีของแท่งแม่เหล็กทรงกระบอกทั่วไปหรือขดลวดโซลินอยด์

คำนวณ M จาก $\Phi_B \approx \mu_0 M \left(\frac{L/2}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}} \right) \pi R^2$ เมื่อ $R = 5.0$ mm และ $L = 30.0$ mm

หมายเหตุ: ต้นฉบับมีเลข 2 เกินมา แต่ไม่มีผลต่อกระบวนการทดลองและการให้คะแนน

ได้ $M \approx 0.95 \times 10^6$ A/m