

ข้อแนะนำเบื้องต้น ในการเรียนปฏิบัติการฟิสิกส์

1. เกี่ยวกับการทดลอง

ก่อนเริ่มลงมือทดลองในปฏิบัติการฟิสิกส์ นักศึกษาควรปฏิบัติตามแนวทางต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด

1) เมื่อรู้ว่าจะทดลองเรื่องอะไร ต้องศึกษาวัตถุประสงค์ของการทดลองว่า การทดลองนี้ต้องการรู้อะไร

2) ต้องศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการทดลองอย่างถ่องแท้ว่าตัวแปรใดที่สามารถวัดค่าได้

3) เมื่อศึกษาทฤษฎีจากข้อที่ 2 แล้วดูว่ามีเครื่องมือ อุปกรณ์ใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

4) จัดประกอบชุดทดลอง อุปกรณ์ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองตามคำแนะนำให้ครบถ้วน หากมีข้อสงสัยให้สอบถามอาจารย์ผู้กำกับการทดลอง

5) สำหรับนักศึกษาควรให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการทดลอง โดยมีการแบ่งหน้าที่หรือแบ่งความรับผิดชอบให้ชัดเจน

6) การบันทึกผลการทดลองควรสังเกต อ่านค่าที่วัดด้วยความรอบคอบ การจดบันทึกให้มีความละเอียดในระดับความสามารถสูงสุดของเครื่องมือวัด และมีหน่วยกำกับด้วยเสมอ

7) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ต้องนำข้อมูลที่ได้อ่านวิเคราะห์ และสรุปผล เพื่อจัดทำเป็นรายงาน ตามรูปแบบที่กำหนดและดูตัวอย่างการเขียนรายงานประกอบด้วย(อยู่ท้ายข้อแนะนำเบื้องต้นนี้)

2. เกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลอง เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้อ่านจากการทดลองมาจัดการตามขบวนการที่สอดคล้องกับทฤษฎี ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งเอาไว้ ซึ่งควรอธิบายถึงทฤษฎี และสมการที่ใช้อย่างละเอียดเพื่อให้ผู้อ่านรายงานเข้าใจลำดับความคิดของนักศึกษาได้ อาจทำได้โดย

2.1 การวิเคราะห์ผลจากสูตร

เป็นการนำผลการทดลองมาแทนค่าในสูตรเพื่อคำนวณหาค่าที่ต้องการ

2.2 การวิเคราะห์ผลด้วยกราฟ

ในทางฟิสิกส์นิยมใช้มากเพราะกราฟสามารถบ่งบอกความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์เป็นคู่ได้ โดยนักศึกษาสามารถศึกษาได้จากการทดลองที่ 1 เรื่องการเขียนกราฟของข้อมูลที่ได้อ่านจากการทดลอง ในคู่มือเล่มนี้

3. เลขนัยสำคัญ

ในการบันทึกข้อมูลหรือผลการคำนวณ มีหลักว่า จะบันทึกเฉพาะตัวเลขที่เชื่อถือได้เท่านั้น เรียกตัวเลขนี้ว่า **เลขนัยสำคัญ** ซึ่งได้จากการพิจารณาขนาดของความคลาดเคลื่อนของค่าที่บันทึกโดยให้ เลขนัยสำคัญหลักสุดท้ายเป็นเลขตัวแรกที่มีความคลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างที่ 1 มวลของก๊าซในขวดเท่ากับ 0.246 ± 0.002 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว เลข 6 ตัวสุดท้ายมีความไม่แน่นอน 2 หน่วย ส่วนเลข 0 หน้าทศนิยมไม่ถือว่ามีความสำคัญ ใช้บอกหลักหน่วยของเลขฐานสิบเท่านั้น ตัวอย่างที่ 2 ความหนาแน่นของวัตถุคำนวณได้ 8.306 กรัม / ซม.² ช่วงความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.01 กรัม / ซม.² จะเห็นว่าความไม่แน่นอนของความหนาแน่นมีถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 จึงต้องปิดเศษให้มีทศนิยมเพียง 2 ตำแหน่ง เป็น 8.31 ดังนั้น ความหนาแน่นของวัตถุจะเป็น 8.31 ± 0.01 กรัม / ซม.² ซึ่งมีเลขนัยสำคัญเพียง 3 ตัว

สำหรับการปิดเศษ ถ้าเศษที่ปิดมีค่าน้อยกว่า 5 ให้ปิดทิ้ง ถ้าเศษที่ปิดมีค่ามากกว่า 5 ให้ปิดทบ แต่ถ้าเท่ากับ 5 พอดีก็ให้ปิดทิ้งถ้าตัวเลขหลักข้างหน้าเป็นเลขคู่ หรือให้ปิดทบถ้าตัวเลขหลักข้างหน้าเป็นเลขคี่

ในการบันทึกตัวเลขที่มีค่าใหญ่มากหรือน้อยมาก นิยมใช้เป็นผลคูณของตัวเลขกับเลข 10 ยกกำลัง ตัวเลขจะประกอบด้วย เลขนัยสำคัญทั้งหมด ส่วนเลข 10 ยกกำลังจะบอกหลัก ในฐานะสิบของตัวเลขนั้น เช่น ความเร็วของแสง เป็น 2.99776×10^8 m/s มีเลขนัยสำคัญคือ 6 ตัว

ส่วนค่าที่ได้จากการคำนวณตัวเลขหลายค่า และมีจำนวนเลขนัยสำคัญไม่เท่ากัน ให้ผลลัพธ์มีจำนวนเลขนัยสำคัญเท่ากับ ตัวเลขที่มีจำนวนนัยสำคัญน้อยที่สุด

4. เกี่ยวกับการเขียนรายงาน เรียงลำดับตามหัวข้อดังนี้

1. ชื่อเรื่อง

2. วัตถุประสงค์

การทดลองต้องการทดสอบหรือหาค่าอะไร หรือหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าใด ให้เขียนเป็นข้อๆ (ถ้ามีหลายข้อ) ข้อที่ 1 เป็นวัตถุประสงค์หลัก ข้อต่อไปเป็นวัตถุประสงค์รอง

3. ทฤษฎี

ให้เขียนทฤษฎีเท่าที่จำเป็นเฉพาะการทดลองนั้น ๆ สั้นๆ ได้ใจความ โดยเขียนเฉพาะสมการที่สำคัญ พร้อมคำอธิบาย อย่าลอกรายละเอียดทฤษฎีทั้งหมด จากคู่มือนี้

4. อุปกรณ์การทดลอง

บอกรายละเอียดรายการอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ เช่น จำนวน ยี่ห้อ บริษัทหรือประเทศผู้ผลิต หรือผลิตเอง

5. แผนภาพแสดงการจัดอุปกรณ์การทดลอง

ให้เขียนแผนภาพการจัดประกอบอุปกรณ์ต่างๆ การต่อวงจร

6. วิธีการทดลอง

ให้เขียนวิธีการเป็นภาพรวม ทดลองอย่างไรเขียนอย่างนั้น อย่าลอกรายละเอียดขั้นตอนทั้งหมด จากคู่มือนี้

7. ผลการทดลอง

จดบันทึกเฉพาะค่าที่วัดที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดเท่านั้น

8. วิเคราะห์ผลการทดลอง

ให้นำค่าที่ได้จากการทดลองมาแสดงวิธีการหาค่าที่ต้องการ ตามวัตถุประสงค์ (อ่านหัวข้อที่ 2 เกี่ยวกับการวิเคราะห์)

9. สรุปผลการทดลอง

สรุปให้ตรงกับวัตถุประสงค์ เป็นข้อๆ (กรณีมีหลายข้อ)

10. อภิปรายผลการทดลอง

ควรแสดงการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือค่าที่หาได้โดยวิธีอื่น

11. ข้อเสนอแนะ

ควรแสดงความคิดเห็นที่เห็นแตกต่างออกไปจากวิธีการหรือเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้หรืออื่นๆ

12. ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ใบบันทึกผลการทดลองที่มีลายมือชื่ออาจารย์ผู้กำกับการทดลอง

ภาคผนวก ข. ทฤษฎีหรือความรู้เพิ่มเติม

ภาคผนวก ค. ตารางหรือแผนภาพ ที่แสดงค่ามาตรฐานทางฟิสิกส์ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองในเรื่องนั้นๆ

13. หนังสือหรือเอกสารอ้างอิง

ตัวอย่างการเขียนรายงาน

ตัวอย่างนี้ใช้เป็นแนวทางในการเขียนรายงานอีกทางหนึ่งเท่านั้น ไม่ควรคิดว่าตัวอย่างนี้คือแบบการเขียนที่เป็นมาตรฐาน ทั้งนี้เพราะว่ารายงานการทดลอง อาจารย์ผู้สอนอาจมีจุดประสงค์ที่แตกต่างไปจากนี้

การทดลองที่

กฎกำลังสองผกผัน

ทดลองวันที่ 08 – 04 – 44

โดย 1. โทมัส เอ็ม. นิวตัน 2. โทมัส ยิง 3. โทมัส เอิร์นส์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบว่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสง (I) เป็นฟังก์ชันกับระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงไปยังพื้นที่ที่ตกกระทบโดยเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน
2. เพื่อหาค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง
3. เพื่อหาระยะจากแหล่งกำเนิดแสงจริงไปยังจุดอ้างอิง

ทฤษฎี

ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสง (Illumination) ที่ตกกระทบกับวัตถุจะแปรผันตรงกับความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และจะแปรผกผันกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงพื้นผิวที่รองรับ สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ คือ

$$I = \frac{C}{r^2}$$

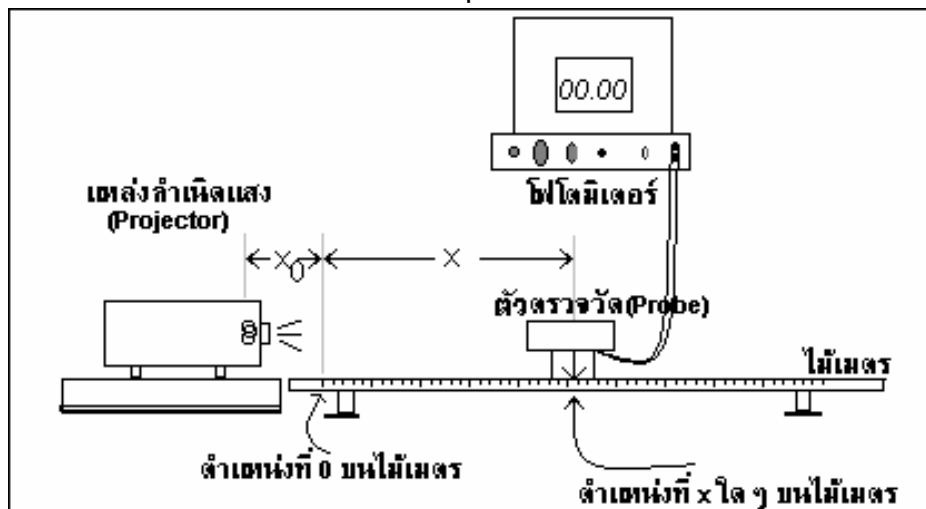
หรือ
$$I = \frac{C}{(x + x_0)^2} \quad (1)$$

- เมื่อ
- I เป็นความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสงที่ระยะ x ใด ๆ
 - r เป็นระยะระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและพื้นที่ที่แสงตกกระทบ
 - C เป็นความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง
 - x_0 เป็นระยะจากศูนย์กลางของแหล่งกำเนิดแสงไปยังจุดศูนย์ของไม้เมตร (Zero Offset)

อุปกรณ์การทดลอง

1. โฟโตมิเตอร์
2. โปรเจคเตอร์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง
3. โต๊ะแสง (Optical Bench)
4. คิววิต (Probe)

แผนภาพการจัดอุปกรณ์การทดลอง



วิธีการทดลอง

เลื่อนตัววัด (Probe) ไปยังตำแหน่ง x ต่าง ๆ บนรางตั้งอุปกรณ์วัดแสงหรือโต๊ะแสง เพื่อรองรับแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง แล้วอ่านค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสง (I) จากโฟโตมิเตอร์ ณ ตำแหน่ง x ต่าง ๆ

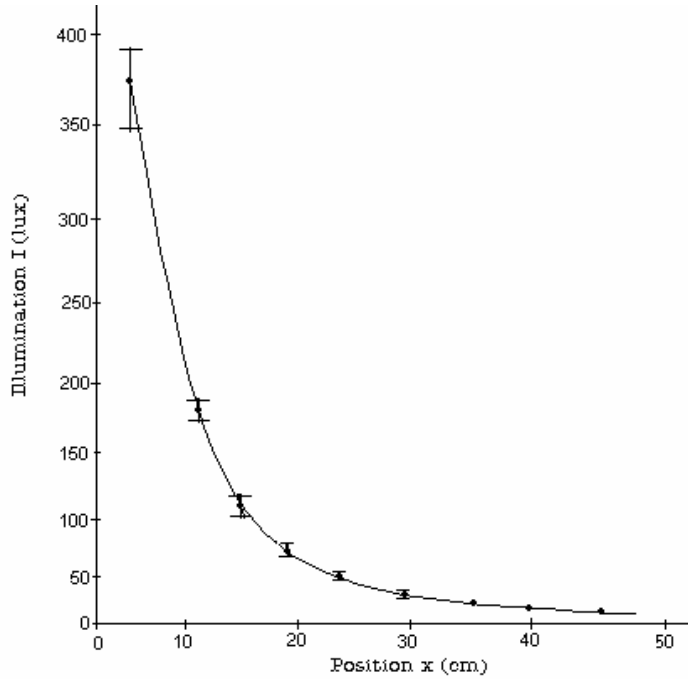
บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (I) และตำแหน่งของหัวตรวจวัดโฟโตมิเตอร์

ตำแหน่งของตัวตรวจวัดแสง $x \pm 0.2$ (cm)	ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสง I (lux)
5.0	360 ± 20
10.0	175 ± 5
15.0	100 ± 5
20.0	66 ± 2
25.0	46 ± 2
30.0	34 ± 2
35.0	26.5 ± 0.5
40.0	21.0 ± 0.5
45.0	17.0 ± 0.5

หมายเหตุ

1. ความคลาดเคลื่อนของระยะ x คือ 0.2 cm. หรือ 2 mm. เมื่อระยะที่อ่านได้ละเอียดที่สุด คือ 5 mm. ฉะนั้นครึ่งหนึ่งของค่านี้คือ 0.25 cm. \cong 0.2 cm.



2. ความคลาดเคลื่อนของ I คัดจาก $(\frac{1}{2} \text{ digit reading error} + \frac{1}{2} \text{ digit calibration error})$ ดูจากคู่มือการใช้โฟโตมิเตอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. เขียนกราฟระหว่างความเข้มแสงส่องสว่าง (I) และตำแหน่งที่ระยะ x ต่าง ๆ จากตารางที่ 1 ได้ดังนี้

จากรูปกราฟระหว่าง I และ x ที่ได้จากสมการที่ 1 จะเห็นว่าเส้นกราฟมีลักษณะเป็นเชิงรูปแบบที่สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ว่า $I \propto \frac{1}{x^2}$ หรือ

$I \propto \frac{1}{(x+x_0)^2}$ ซึ่งสอดคล้องกับกฎกำลังสองผกผันของแสง

2. วิเคราะห์เชิงเส้นตรง เพื่อหาค่าทางฟิสิกส์
จัดสมการที่ (1) ใหม่ให้อยู่ในรูปของสมการเส้นตรง จะได้

$$\frac{1}{\sqrt{I}} = \frac{1}{\sqrt{C}}(x + x_0)$$

หรือ

$$\frac{1}{\sqrt{I}} = \frac{1}{\sqrt{C}}x + \frac{1}{\sqrt{C}}x_0 \tag{2}$$

เทียบกับสมการเส้นตรง $y = mx + b$

$$\frac{1}{\sqrt{I}} \text{ เทียบได้กับ } y,$$

$$\frac{1}{\sqrt{C}} \text{ เทียบได้กับ } m \text{ (ค่าคงที่)}$$

และ $\frac{1}{\sqrt{C}}x_0$ เทียบได้กับ b (ระยะตัดแกน y, y - Intercept)

จากสมการที่เขียนตารางวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 2 ตำแหน่งตัววัด (x) กับส่วนกลับของรากที่สองของความเข้มแสง (I)

ตำแหน่งของหัววัด x ± 0.2 (cm)	ส่วนกลับของรากที่สองของความเข้มแสง $\frac{1}{\sqrt{I}} (10^{-3} \sqrt{\text{lux}})$
5.0	52.7 ± 1.5
10.0	75.6 ± 1.1
15.0	100.0 ± 2.5
20.0	123.0 ± 1.9
25.0	147.4 ± 3.2
30.0	171.5 ± 5.0
35.0	194.3 ± 1.8
40.0	218.2 ± 2.6
45.0	242.5 ± 3.6

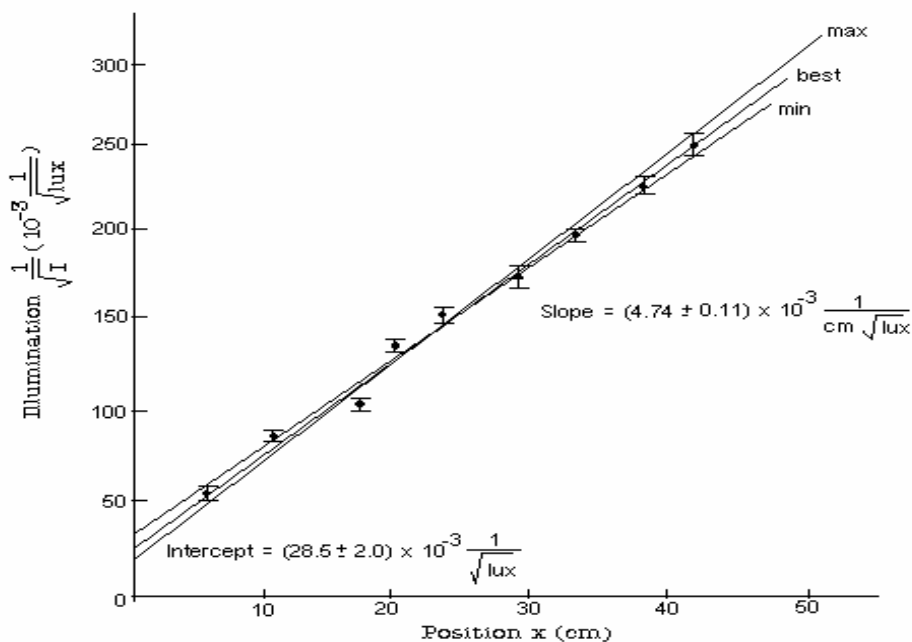
หมายเหตุ

ความคลาดเคลื่อนของ $\frac{1}{\sqrt{I}}$ เช่นที่ I = 360 ± 20 และ $\frac{1}{\sqrt{I}} = 0.0527 = 52.7 \times 10^{-3}$

$$\Delta\left(\frac{1}{\sqrt{I}}\right) = \left| \frac{\partial\left(\frac{1}{\sqrt{I}}\right)}{\partial I} \right| \Delta I = \frac{1}{\sqrt{I}} \left(\frac{1}{2} \frac{\Delta I}{I} \right) = 52.7 \times 10^{-3} \left(\frac{1}{2} \times \frac{20}{360} \right) = 1.5 \times 10^{-3}$$

ฉะนั้น $\frac{1}{\sqrt{I}} = (52.7 \pm 1.5) \times 10^{-3} \sqrt{\text{lux}}$

กราฟของส่วนกลับของรากที่สองของความเข้มของแสง (I) และตำแหน่ง (x)



จากรูปกราฟ ได้กราฟเป็นเส้นตรง จึงสามารถหาค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่าได้คือ C และ x_0 จากความชันของกราฟ และระยะตัดแกน y ตามลำดับ เส้นกราฟมี 3 เส้น ได้แก่ เส้นที่ดีที่สุด เส้นที่มีความชันมากที่สุด และเส้นที่มีความชันน้อยที่สุด โดยที่

$$\text{Slope } (m_{\max}) = \frac{268.5 - 27.0}{50.0 - 0.0} \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}} = 4.83 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}}$$

$$\text{Slope } (m_{\text{best}}) = \frac{265.5 - 28.5}{50.0 - 0.0} \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}} = 4.74 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}}$$

$$\text{Slope } (m_{\min}) = \frac{262.0 - 30.5}{50.0 - 0.0} \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}} = 4.63 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}}$$

$$\text{และ Intercept } (b_{\max}) = 27.0 \times 10^{-3} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}}$$

$$\text{Intercept } (b_{\text{best}}) = 28.5 \times 10^{-3} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}}$$

$$\text{Intercept } (b_{\min}) = 30.5 \times 10^{-3} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}}$$

จากผลต่างที่มีค่ามากที่สุดระหว่าง |best - max| และ |best - min| คือค่าความคลาดเคลื่อนของทั้ง Slope และ Intercept ได้แก่ $0.11 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}}$ และ $2.0 \times 10^{-3} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}}$ ตามลำดับ

ฉะนั้น ความชันของกราฟนี้คือ

$$\begin{aligned} m \pm \Delta m &= (4.74 \pm 0.11) \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}} \\ &= 0.474 \pm 0.011 \frac{1}{\text{m}\sqrt{\text{lux}}} \end{aligned}$$

และระยะตัดแกน y คือ

$$\begin{aligned} b \pm \Delta b &= (28.5 \pm 2.0) \times 10^{-3} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}} \\ &= (2.9 \pm 0.2) \times 10^{-3} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}} \end{aligned}$$

คำนวณหาค่าคงที่ C และ x_0 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จาก } m &= \frac{1}{\sqrt{C}} \Rightarrow \sqrt{C} = \frac{1}{m} \\ &\Rightarrow C = \frac{1}{m^2} = \frac{1}{(0.474)^2} \text{ m}^2 - \text{lux} \\ &= 4.44 \text{ m}^2 - \text{lux} \\ &= 4.44 \text{ lumen} \\ &\Rightarrow \Delta C = \left| \frac{\partial(\frac{1}{m^2})}{\partial m} \right| \Delta m \\ &= 2 \frac{\Delta m}{m^2} = C \left(\frac{2\Delta m}{m} \right) \\ &= 4.44 \left(\frac{2 \times 0.011}{0.474} \right) \text{ m}^2 - \text{lux} \\ &= 0.21 \text{ m}^2 - \text{lux} \end{aligned}$$

ฉะนั้น ความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง C คือ

$$C \pm \Delta C = 4.44 \pm 0.21 \text{ m}^2 - \text{lux}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4.4 \pm 0.2 \quad \text{m}^2 - \text{lux} \\
 \text{และจากค่า } b &= \frac{x_0}{\sqrt{C}} \Rightarrow x_0 = b\sqrt{C} \\
 &= \frac{b}{m} \\
 &= \frac{28.5 \times 10^{-3} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}}}{(4.74) \times 10^{-3} \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}}} \\
 &= 6.01 \text{ cm} \\
 \text{และ } \Rightarrow \Delta x_0 &= x_0 \left(\frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta m}{m} \right) \\
 &= 6.01 \left(\frac{2.0}{28.5} + \frac{0.11}{4.74} \right) \text{ cm} \\
 &= 0.56 \text{ cm} \\
 \text{ฉะนั้น ระยะเวลา Zero Offset คือ} \\
 x_0 \pm \Delta x_0 &= 6.01 \pm 0.56 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

สรุปผลการทดลอง

1. การทดลองได้ผลเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผันของแสง ($I \propto \frac{1}{r^2}$) เพราะกราฟระหว่าง $\frac{1}{\sqrt{I}}$ กับ x มีลักษณะเป็นเส้นตรง ได้ Slope และ Intercept คือ

$$\text{Slope} = \frac{1}{\sqrt{C}} = 0.474 \pm 0.011 \frac{1}{\text{cm}\sqrt{\text{lux}}}$$

$$\text{Intercept} = \frac{x_0}{\sqrt{C}} = (2.9 \pm 0.2) \times 10^{-2} \frac{1}{\sqrt{\text{lux}}}$$

โดยที่ I เป็นฟังก์ชันของระยะทาง x คือ

$$I = \frac{C}{r^2} = \frac{C}{(x + x_0)^2}$$

2. ค่าคงที่ของความสัมพันธ์ในข้อ 1. คือ C ซึ่งเป็นค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง

$$C = 4.4 \pm 0.2 \text{ lumen}$$

3. ค่า Zero Offset x_0 ของแหล่งกำเนิดแสง คือ

$$x_0 = 6.0 \pm 0.6 \text{ cm}$$

อภิปรายผลการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้จากทฤษฎีดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3

ปริมาณ	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
C (lumen)	4.4 ± 0.2	7.8 ± 0.1	55.7%
x_0 (cm)	6.0 ± 0.6	5.5 ± 0.2	4.4%

หมายเหตุ ค่าที่ได้จากทฤษฎีเป็นค่าที่ได้จากการสมมติว่าแหล่งกำเนิดแสงเป็นจุด และมีประสิทธิภาพ 100%

พบว่าค่า C ที่ได้จากการทดลองไม่สอดคล้องกับค่าจากการทำนายทางทฤษฎี คือ 7.8 ± 0.1 lumen โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมีค่ามากถึง 55.7% ทั้งนี้อาจเกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพไม่ถึง 100% เนื่องจากการสูญเสียพลังงานทางไฟฟ้า ซึ่งทำให้ผลจากการทดลองมีค่าน้อยกว่า สำหรับค่า x_0 แล้วค่าทางทฤษฎีมีค่าน้อยกว่า โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเพียง 4.4% ซึ่งสอดคล้องกัน แม้ว่าแหล่งกำเนิดแสงจะไม่เป็นจุดก็ตาม ดังนั้นค่า x_0 นี้จึงเป็นค่าที่บอกตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่กระจายออกมาจากจุดจุดหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

โดยทั่วไปแล้วการทดลองนี้ถือว่าประสบผลสำเร็จ อย่างไรก็ตามก็ข้อที่ควรต้องแก้ไขก็คือถ้าสามารถใช้เครื่องวัดความเข้มของแสงที่มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) จะเป็นการดีเพราะหน่วยนี้สามารถทำความเข้าใจได้ดีกว่าหน่วย lux

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

