

อุปกรณ์วัดแสง Light Dependent Resistor (LDR)

The Energy Label Guide

The rate at which light is emitted by a lamp or light source expressed in lumens

The time rate at which electric energy is used by the lamp/ballast combination expressed in watts.

A measure to compare light output to energy input; the quotient of the total luminous emitted divided by the total lamp power input. It is expressed in lumens per watt.

The expected time in hours, at which half of a large group of lamps have failed under standard test conditions.

Note : The values shown in the figure are arbitrary.

Brand Name:	Model/Type:	Lamp Specifications ¹
Light Output	900	lumens
Power Consumption	15	watts
Efficacy ²	60	lumens per watt
Average Life ³	8000	hours

¹For lamps of similar light output, higher efficacy means more energy savings

²Lower is better of standard test conditions

³Based on average life of 10,000 hours

⁴The Minimum Efficacy Set By The Government For This Type Of Lamp is 80 LUMENS PER WATT

CTRL NO. XXXX-XXXXXX

dti

ในการเลือกหลอดไฟในงานต่างๆ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือปริมาณไฟฟ้าที่ต้องใช้ และปริมาณความสว่างของแสงที่ต้องการสำหรับงานนั้นๆ หลอดไฟที่มีอยู่มากมายหลายชนิด มีวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน ปริมาณไฟฟ้าที่ต้องใช้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบุเป็นหน่วย วัตต์ (watt) บนฉลาก และเป็นค่าที่บอกถึงค่าใช้จ่ายด้วย ส่วนกำลังของแสงสว่าง (luminous flux) จากหลอดไฟจะระบุเป็นตัวเลขในหน่วย ลูเมน (lumen) ในแง่ของการประหยัดพลังงาน มักจะต้องการหลอดที่มีอัตราส่วน ลูเมน/วัตต์ ค่ามากๆ ในปัจจุบันมีการเชิญชวนให้เปลี่ยนมาใช้หลอด LED เนื่องจากให้ ลูเมน/วัตต์ ค่าสูงมากเมื่อเทียบกับหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์

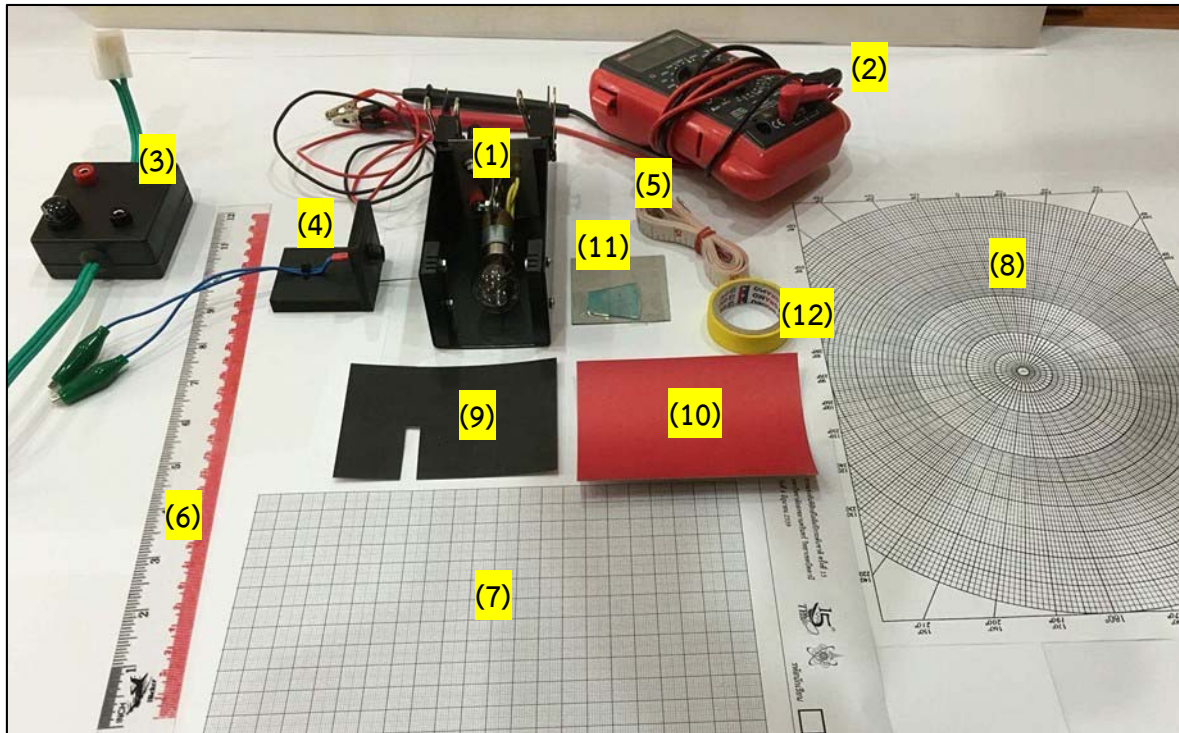
ในการทดลองนี้ จะเป็นการศึกษาการใช้หัววัดแสงที่เรียกว่า Light Dependent Resistor (LDR) ในการวัดปริมาณความสว่างของแสง และศึกษาสมบัติการตอบสนองความยาวคลื่นของหัววัดนี้ด้วย

วัตถุประสงค์

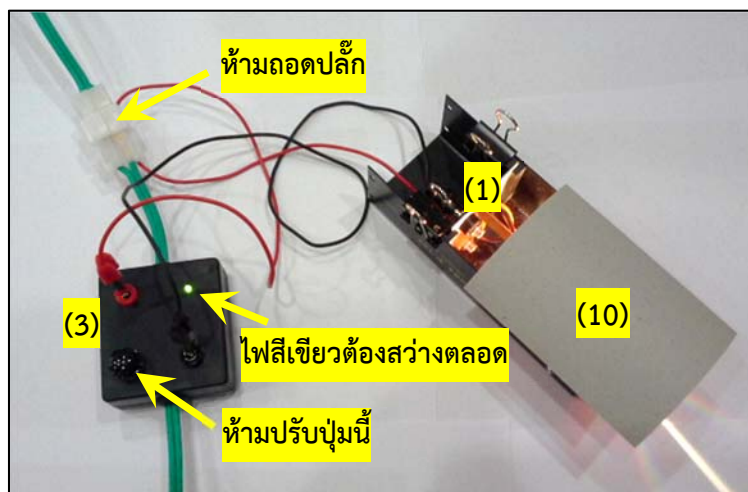
1. สอบเทียบ (calibration) อุปกรณ์วัดแสง LDR
2. หาค่าปริมาณความสว่างของแสงจากหลอดไฟ
3. หากราฟแสดงการตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสง (spectral response) ของ LDR

อุปกรณ์ที่ใช้

- (1) หลอดไฟแบบมีไส้ทั้งสแตนด์ (2) โอมมิเตอร์ (3) แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (4) อุปกรณ์วัดแสง LDR (5) สายวัด (6) ไม้บรรทัด (7) กระดาษกราฟเชิงเส้น (ถ้าไม่พอ ขอเพิ่มได้) (8) กระดาษกราฟวงกลม (9) แผ่นกระดาษแข็งที่เจาะช่องไว้สำหรับกันแสง (10) แผ่นกระดาษแข็งสำหรับปิดกล่องแสงเพื่อบังไม่ให้แสงเข้าตา (11) แผ่นสลิทพร้อมเกรตติง (12) เทปกาว (สำหรับยึดอุปกรณ์ตามต้องการ เช่น แท่น LDR, สายวัด, หรืออื่นๆ)



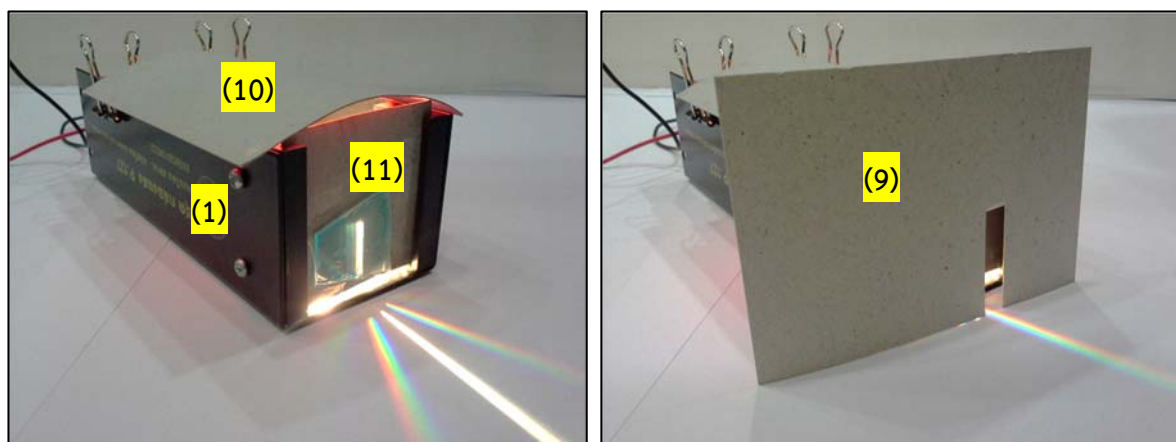
รูปที่ 1 อุปกรณ์สำหรับข้อสอบภาคปฏิบัติ



รูปที่ 2 การต่อหลอดไฟ (1) เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ (3)

คำเตือน:

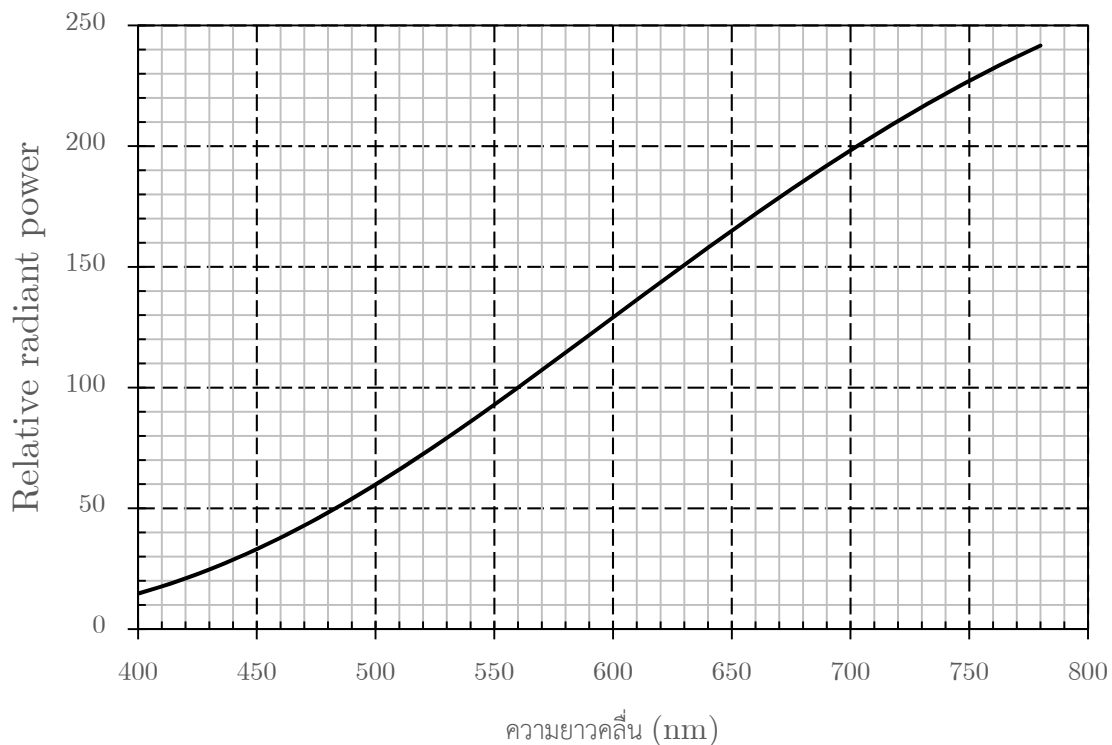
- ระวัง !!! ควรใช้แผ่นกระดาษแข็ง (10) ปิดด้านบนของกล่องแสง (1) เพื่อไม่ให้แสงที่จ้าเข้าตานักเรียน จะเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาได้
- ระวัง !!! กล่องแสงจะร้อนมาก หากเปิดหลอดไฟไว้เป็นเวลานาน ๆ ควรเปิดหลอดไฟเฉพาะช่วงที่ทำการทดลอง ไม่ควรเปิดหลอดไฟทิ้งไว้
- หลอดไฟสี่เหลี่ยมบนกล่องแหล่งจ่ายไฟ (3) ต้องสว่างตลอดเวลา แม้ว่าจะยังไม่ได้ต่อกับหลอดไฟในกล่องแสง (1) หากหลอดไฟสี่เหลี่ยมดับให้เรียกกรรมการคุมสอบ



รูปที่ 3 สำหรับการทดลองตอนที่ 3: รูปซ้าย – การเสียบแผ่นสลิทพร้อมเกรตติง (11) ไว้ด้านหน้ากล่องแสง (1)
รูปขวา – การวางกระดาษแข็งที่เจาะช่องไว้ (9) สำหรับกันแสง เพื่อให้มีเฉพาะสเปกตรัมลำดับที่ 1 ลอดออกมา

ข้อมูลที่จำเป็น

1. หลอดไฟแบบมีไส้ทั้งสแตนท์ที่ใช้ในการทดลองนี้ ให้แสงสว่างจากพลังงานไฟฟ้า ในที่นี้เรากำหนดว่า **กำลังแสง (radiant power)** (หน่วยเป็น watt) ของแสงที่หลอดไฟปลดปล่อยออกมามีค่าขึ้นกับความยาวคลื่น ดังกราฟในรูปที่ 4 โดยแกนตั้งหมายถึงค่ากำลังแสงที่ปล่อยออกมา ณ ค่าความยาวคลื่นต่างๆ [ค่าในแกนตั้งเป็นค่าสัมพัทธ์ในหน่วยใดๆ (arbitrary unit)]
2. E แทน illuminance คือ กำลังของแสงสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่รับแสง มีหน่วยเป็น lumen/m^2 หรือ lux โดยที่ค่า E ที่ระยะต่างๆ จากหลอดไฟ จะลดลงตามหลักกำลังสองผกผัน (Inverse square law) และให้ประมาณว่าหลอดไฟที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแหล่งกำเนิดแบบจุด (point source) ได้ ณ ระยะห่างจากหลอดไฟที่เหมาะสม เช่น มากกว่า 20 cm



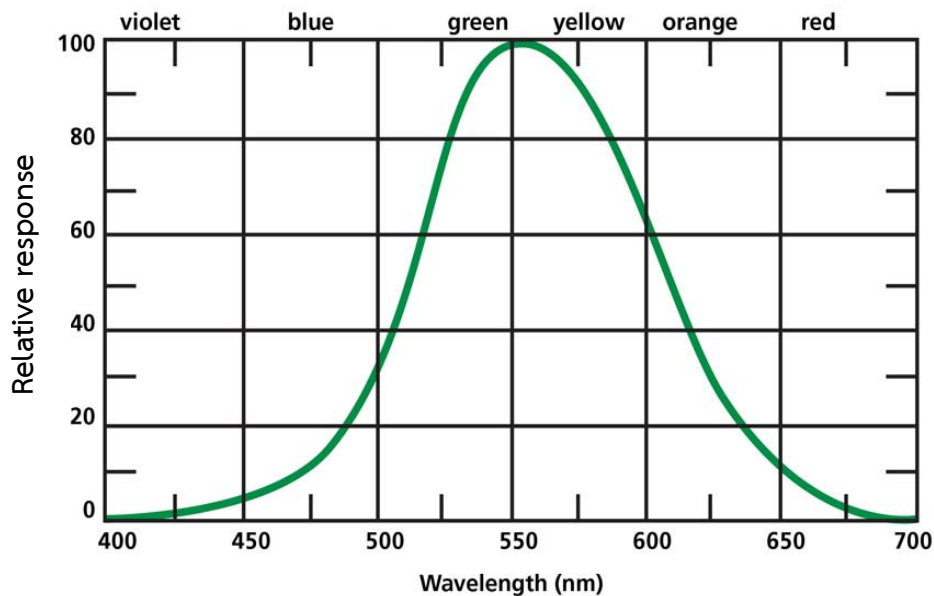
รูปที่ 4 กราฟกำลังแสงสัมพัทธ์กับความยาวคลื่นต่างๆ ของหลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง

3. อุปกรณ์วัดแสง LDR (Light Dependent Resistor) เป็นอุปกรณ์ที่มีค่าความต้านทานเป็นฟังก์ชันของ illuminance ของแสงที่ตกกระทบ ดังสมการ

$$R = c_1 E^\gamma \quad \dots\dots\dots (1)$$

โดยที่ R เป็นค่าความต้านทานของ LDR ในหน่วย Ω , E เป็นกำลังของแสงสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่รับแสง ในหน่วย lux, c_1 เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน และ γ เป็นเลขชี้กำลังของ E สำหรับ LDR ที่ใช้ในการทดลองนี้จะมีค่า $R = 1.0 \times 10^4 \Omega$ สำหรับ $E = 10 \text{ lux}$

4. เป็นที่ทราบกันแล้วว่านัยน์ตาของเรามีการตอบสนองต่อแสงความยาวคลื่นต่างๆ ไม่เท่ากัน โดยจะตอบสนองต่อแสงสีเขียวได้ดีกว่าแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ relative response ดังกราฟในรูปที่ 5 แกนตั้งในกราฟนี้แสดงการตอบสนองสัมพัทธ์ของนัยน์ตาเมื่อแสงทุกความยาวคลื่นมีกำลังแสง (radiant power) เท่ากัน (ในกรณีที่กำลังแสงมีค่า 1 วัตต์ กำลังของแสงสว่าง ณ ความยาวคลื่น 555 nm มีค่าสูงสุด และกำหนดให้เท่ากับ 683 ลูเมน)



รูปที่ 5 กราฟแสดงการตอบสนองสัมพัทธ์ (relative response) ของนัยน์ตาที่ความยาวคลื่นต่างๆ

ในกรณีของ LDR หรือหัววัดแสงชนิดอื่นก็เช่นกัน ถ้าเราวัดความสว่างของแสงที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆ ก็จะมีกราฟแสดงการตอบสนองเป็นลักษณะเฉพาะตัวของมัน ในการเลือกใช้หัววัดแสงจึงต้องพิจารณาด้วยว่ามีการตอบสนองที่ดีในย่านความยาวคลื่นที่ต้องการวัดหรือไม่

คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่มีความต่างศักย์ 12 V (ห้ามนำปลายทั้งสองมาช้อนกัน เพราะอาจทำให้แหล่งจ่ายไฟเสียหาย และนักเรียนไม่สามารถทำการทดลองต่อได้)
2. หลอดไฟติดตั้งอยู่ในอุปกรณ์ที่เรียกว่ากล่องแสง ปลายสุดของหลอดไฟ (ส่วนที่เป็นแก้ว) ควรอยู่ห่างจากปลายกล่องด้านที่แสงออกประมาณ 1 cm หลอดไฟนี้ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟได้โดยตรง **ควรจัดให้ไส้หลอดวางตัวในแนวตั้ง**
3. LDR ติดไว้กับแท่น พร้อมสายไฟที่ต่อกับขั้วทั้งสอง LDR จะวัดแสงทั้งหมดที่ตกกระทบมัน ดังนั้นจึงต้องระวังแสงจากภายนอกหรือแสงสะท้อนต่างๆ ไม่ให้ตกกระทบ LDR หรือในกรณีที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ควรให้มีการรบกวนน้อยที่สุด หรือให้การรบกวนคงที่ เช่นในช่วงที่ทำการวัดไม่ควรชะเง้อหัว หรือขยับตัวไป-มาใกล้หัววัด (ตรงกลางฐานของ LDR มีเข็มหมุดตรึงไว้เพื่อช่วยในการอ่านค่ามุมในตอนที่ 3 ได้อย่างแม่นยำขึ้น)
4. โอห์มมิเตอร์ใช้วัดความต้านทานของ LDR (ในการอ่านค่าความต้านทาน ควรรอสักประมาณ 10 วินาทีเพื่อให้ LDR ตอบสนองได้เต็มที่)
5. เกรตติงทำมาจากแผ่น CD ถูกตรึงไว้บนกระดาษแข็งที่สามารถนำมาเสียบที่ด้านหลังของกล่องแสงได้พอดี ควรหันด้านที่มีเกรตติงไว้ด้านหลังของกล่อง (ดูรูปที่ 3)

คำสั่ง

การทดลองในตอนที่ 1 และ 2 ให้ใช้แสงขาวจากหลอดไฟโดยตรง ยังไม่ใช้เกรตติง

ตอนที่ 1 ออกแบบการทดลองเพื่อหาค่า γ ในสมการ (1) ด้วยการเขียนกราฟเส้นตรงที่เหมาะสม [8.0 คะแนน]

1. วัดค่าความต้านทานของ LDR ที่ระยะห่างต่าง ๆ ระหว่าง LDR และหลอดไฟ
2. เขียนกราฟเส้นตรงที่เหมาะสมสำหรับหาค่า γ พร้อมค่าความคลาดเคลื่อน

ตอนที่ 2 luminous flux ของหลอดไฟ [4.0 คะแนน]

1. ใช้ LDR วัดความต้านทานเพื่อคำนวณหาค่า illuminance E ที่ระยะ 30 cm จากหลอดไฟ
2. คำนวณหา luminous flux ของแสงขาวจากหลอดไฟนี้ ในหน่วย lumen พร้อมค่าความคลาดเคลื่อน

ตอนที่ 3 การใช้ LDR วัด illuminance ของแสงสีต่างๆ ในสเปกตรัมของแสงจากหลอดไฟ [5.0 คะแนน]
(ตอนนี้ไม่ต้องคำนึงถึงค่าคลาดเคลื่อน และไม่ต้องทำการทดลองแบบวัดซ้ำ)

1. เสียบเกรตติงไว้กับช่องบนกล่องแสงด้านหน้าของหลอดไฟเพื่อให้แสงจากหลอดไฟเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง (ดูรูปที่ 3) ซึ่งเกรตติงที่ใช้ทำมาจากแผ่น CD ที่มีระยะห่างระหว่างร่องของเกรตติงเท่ากับ $1.6 \mu\text{m}$
2. วางกล่องแสงบนกระดาษกราฟวงกลม โดยให้ตำแหน่งของเกรตติงอยู่ที่จุดศูนย์กลางของกระดาษกราฟ จัดให้แถบสว่างกลางอยู่แนวเดียวกับมุม 0° ของกระดาษกราฟและจัดให้สเปกตรัมลำดับที่ 1 ทั้งสองด้านสมมาตรกัน คือทำมุมกับแถบสว่างกลางเท่าๆ กัน (การจัดตำแหน่งของเกรตติงกับกระดาษกราฟวงกลมจะมีผลอย่างมากต่อผลการทดลองในครั้งนี้ ควรจัดด้วยความระมัดระวังและรอบคอบ)
3. วัดค่าความต้านทานของ LDR สำหรับแสงสีต่างๆ ในสเปกตรัมลำดับที่ 1 ของด้านใดด้านหนึ่งที่สว่างมากกว่า ให้ระบุตำแหน่งเชิงมุมของกึ่งกลางของแถบสีเลี้ยววัดจากแถบสว่างกลางด้วย (เขียนในกระดาษสรุปคำตอบ)

คำแนะนำ:

- ขณะทำการวัดที่แต่ละความยาวคลื่น LDR ต้องห่างจากเกรตติงเป็นระยะทางเท่ากัน จึงควรเลื่อน LDR ไปบนสเกลกระดาษกราฟวงกลมที่เหมาะสม (ระบุระยะห่างที่ใช้ในกระดาษสรุปคำตอบด้วย)
 - เพื่อให้วัดมุมได้แม่นยำขึ้น และระยะทางที่เท่ากัน เข็มหมุดที่ตรึงบนฐานจะเป็นประโยชน์มาก
 - เพื่อตัดการรบกวนของแสงจากแถบสว่างกลางและอื่นๆ ให้ใช้แผ่นกระดาษแข็งที่เจาะช่องไว้ กันหน้าเกรตติงเพื่อให้มีเฉพาะแสงจากสเปกตรัมลำดับที่ 1 ที่ต้องการวัดตกลงบน LDR (ดูรูปที่ 3)
4. เขียนกราฟระหว่างค่า illuminance (E_λ) ของแสงความยาวคลื่นต่างๆ ในสเปกตรัมลำดับที่ 1 กับความยาวคลื่น โดยให้ความยาวคลื่นเป็นแกนนอน (กราฟนี้แสดงการตอบสนองต่อความยาวคลื่นค่าต่างๆ ของ LDR แต่ยังไม่ถูกต้องเสียทีเดียว จำเป็นต้องมีการทำการปรับปรุง/แก้ไขต่อ ในตอนที่ 4)

ตอนที่ 4 การปรับปรุง/แก้ไขกราฟการตอบสนองของ LDR (ไม่ต้องคำนึงถึงค่าคลาดเคลื่อน) [3.0 คะแนน]

ต้องตระหนักว่าหลอดไฟให้แสงออกมาที่แต่ละความยาวคลื่นด้วยค่ากำลังแสง (radiant power) ที่ต่างกัน ดังกราฟในรูปที่ 4

จงใช้ข้อมูลจากกราฟในรูปที่ 4 เพื่อทำการปรับปรุง/แก้ไขค่า illuminance จากตอนที่ 3 ให้เป็นค่าที่มาจากกำลังแสงที่เท่ากัน และนำไปเขียนกราฟแสดงการตอบสนองสัมพัทธ์ต่อความยาวคลื่นแสง (Relative Spectral Response) ของ LDR ที่ถูกต้อง โดยให้ทำเฉพาะในช่วงประมาณ 500 – 700 nm เท่านั้น (ให้นักเรียนอธิบายด้วยว่าใช้ข้อมูลจากกราฟในรูปที่ 4 ทำการปรับปรุง/แก้ไขค่า illuminance จากตอนที่ 3 อย่างไร)

