



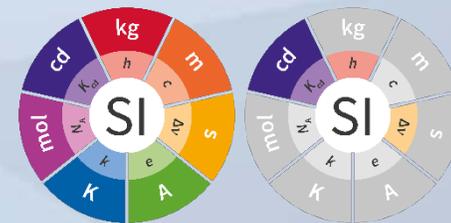
ปัจจุบันและอนาคตของแคนดลา

โรจนา ลีเจริญ

นักมาตรวิทยาชำนาญการพิเศษ

กลุ่มงานแสงและสี ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง

หัวข้อการบรรยาย

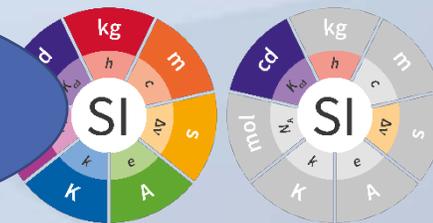


- แคนเดลา คือ อะไร
- วิวัฒนาการของแคนเดลา
- ความพยายามที่ผ่านมา
- สำคัญของการเปลี่ยนนิยาม

- ความสามารถทางการวัดและบริการ
สอบเทียบที่เกี่ยวข้องในปัจจุบัน
- แนวทางที่สถาบันควรปรับตัวและ
เตรียมการรองรับ

แคนเดลา (candela) คืออะไร

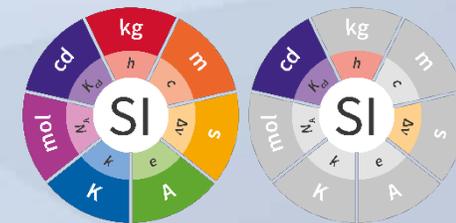
Candela มาจากภาษาลาติน
ว่า candle (เทียน)



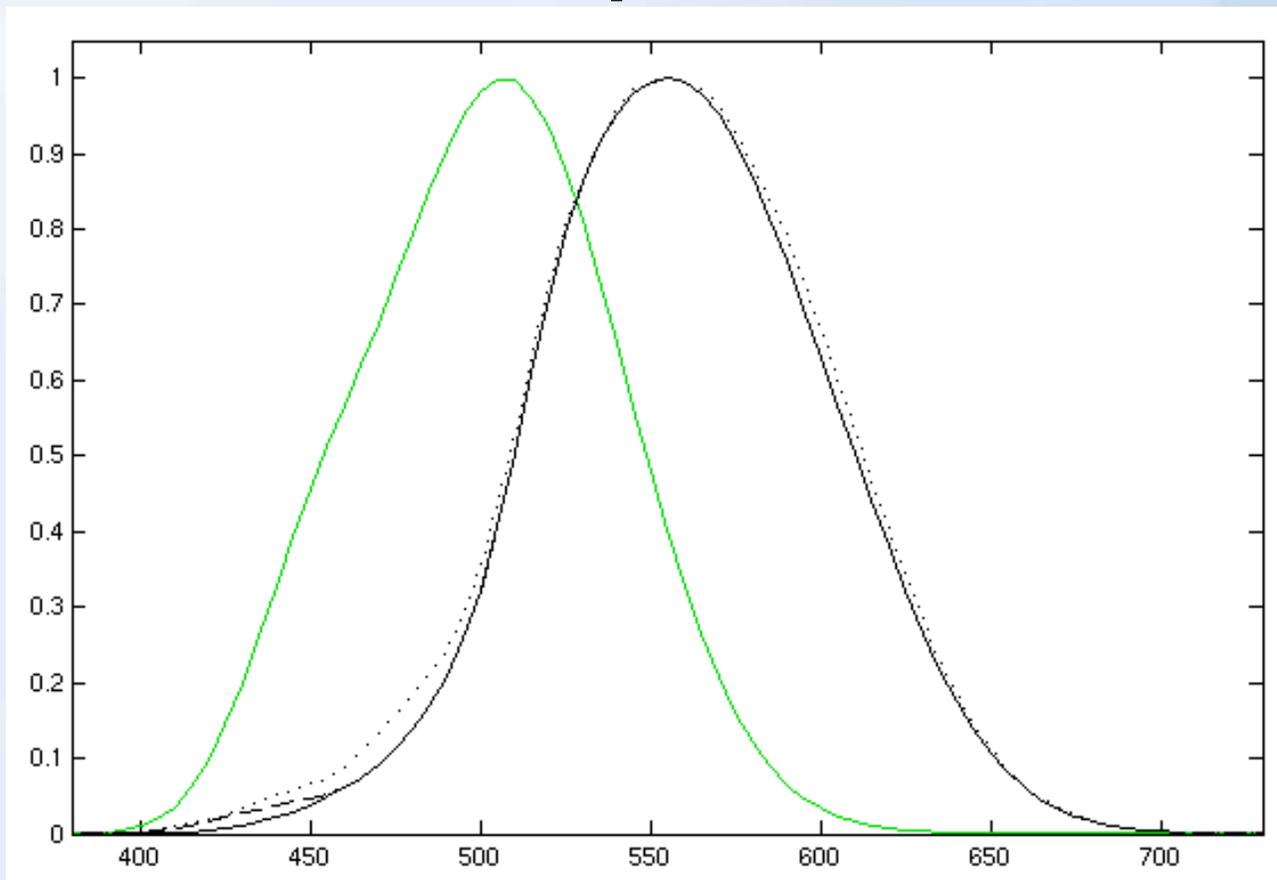
The candela (*/kændəˈleɪ/* or */kændəˈdiːlə/*; symbol: cd) is the base unit of luminous intensity in the International System of Units (SI); that is, luminous power per unit solid angle emitted by a point light source in a particular direction. Luminous intensity is analogous to radiant intensity, but instead of simply adding up the contributions of every wavelength of light in the source's spectrum, the contribution of each wavelength is weighted by the standard luminosity function (a model of the sensitivity of the human eye to different wavelengths).

แคนเดลา คือ หน่วยฐานของปริมาณความเข้มของ
การส่องสว่างหรือความเข้มแสงสว่างในระบบหน่วย
ระหว่างประเทศ หรือ ระบบหน่วยเอสไอ ซึ่งก็คือ
กำลังของความสว่างต่อหนึ่งหน่วยมุมตันที่แผ่จาก
แหล่งกำเนิดแสงแบบจุดในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง
ความเข้มของการส่องสว่างสามารถเทียบได้กับ
ความเข้มแสงหรือรังสี แตกต่างเพียงแค่การรวม
แสงที่แต่ละความยาวคลื่นนั้น มีการถ่วงน้ำหนักด้วย
ฟังก์ชันมาตรฐานที่บ่งบอกการตอบสนองของ
สายตามนุษย์โดยเฉลี่ย

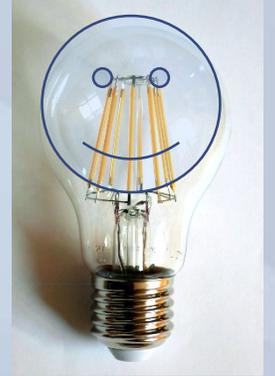
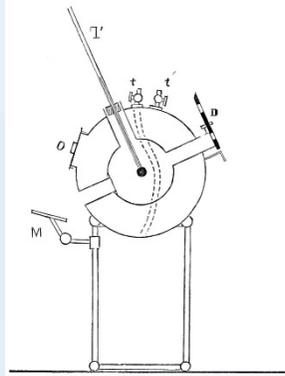
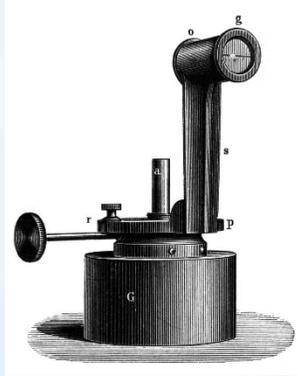
การตอบสนองของสายตามนุษย์



การตอบสนองของสายตามนุษย์



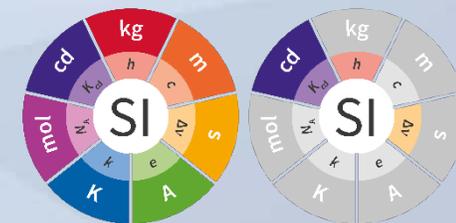
ความยาวคลื่นแสง (นาโนเมตร)



วิวัฒนาการของมาตรฐานความสว่าง

จากเทียนไขสู่หลอดไฟ

วิวัฒนาการของมาตรฐานแคนดลา (อังกฤษ)

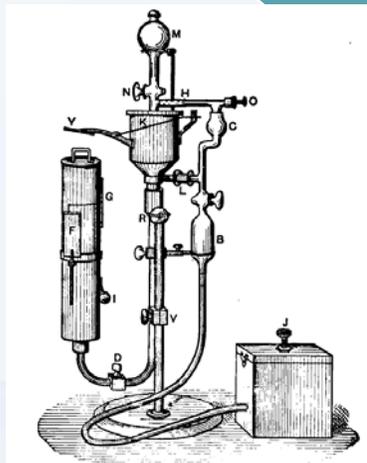


1860

"Standard Candle"
made from
Whale fat
known as
"Spermaceti"

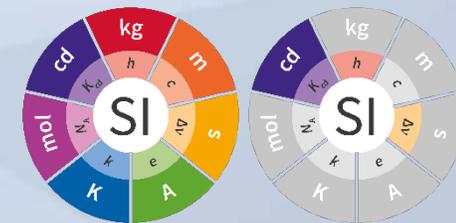
1889

"Pentane Lamp" was
proposed by
Vernon-
Harcourt to
be used as
standard.



The burner adopted by Vernon-Harcourt is a candle-burner of yellow copper, because of the ease with which this metal is worked. The opening is circular; it is made in a copper plate 0.05 of an inch thick and should be 0.25 of an inch in diameter. This dimension may be reproduced within 0.001 of an inch; that is, with an error of less than 0.8 per cent of the total section of the opening. The greatest diameter compatible with steadiness of the flame was chosen. The body of the burner is 4 inches long and 1 inch in diameter. The normal height of the flame is 2.5 inches measured from the opening of the burner; under these conditions, the normal consumption of gas is between 0.48 and 0.52 cu. ft. per hour. The height of the flame is shown by a platinum wire carried on a rod parallel to the burner.

วิวัฒนาการของมาตรฐานแคนเดลา (เยอรมัน)



19th

German city and a gas company agreed on using standardized tapered candle made of stearin called "[Munich Candle](#)".

1868

The German Association of Gas and Water Industries adopted the standard tapered candle made of paraffin called "[Vereinskerze](#)".

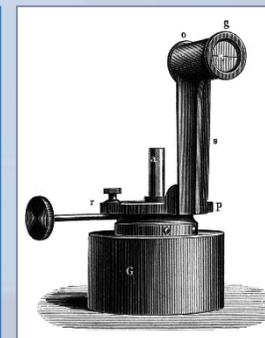
1884

Friedrich von Hefner-Alteneck invented a "[Hefner Lamp](#)" which was later used as standard in German, Austria and Scandinavia from 1890 to 1942.

เทียนไขทำจากสเตียร์นิน $D = 20.5$ มม. ด้านบน และ 23 มม. ที่ฐาน ไล่ประกอบด้วยด้าย 50 เส้น เพาไหม้ที่อัตรา $10.2 - 10.6$ กรัมต่อชั่วโมง ให้เปลวไฟสูงประมาณ 50 มม.

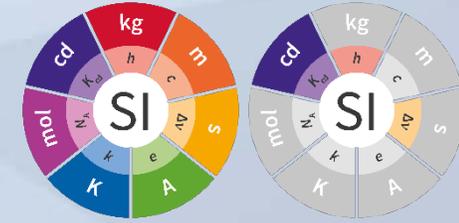
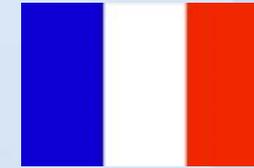


เทียนไขทำจากพาราฟิน $D = 20$ มม. ยาว 314 มม.หนัก 83.6 กรัม ไล่ประกอบด้วยด้ายฝ้าย 25 เส้น ที่หนักประมาณ 668 มิลลิกรัมต่อเมตร ให้เปลวไฟสูงประมาณ 50 มม.



ตะเกียงที่ใช้ไฮโดรมิลอะซีเตท ($C_5H_{11}C_2H_3O_2$) ไล่หลอดเป็นท่อที่ $D = 8$ มม. ภายในมีอุปกรณ์ที่ค้นคว้าที่คุมความสูงของเปลวไฟให้ได้ที่ 40 มม.

วิวัฒนาการของมาตรฐานแคนเดลา (ฝรั่งเศส)



Early
19th

One "bougie de l'toile" or "French Star Candle" made of stearin.

Mid
19th

Modified "Argand typed Lamp" called "Carcel Lamp" burning 42 grams of rape-seed oil per hour.

1882

Violle, French scientist proposed to use the incandescence of a metal (Platinum) at the temperature at which it freezes

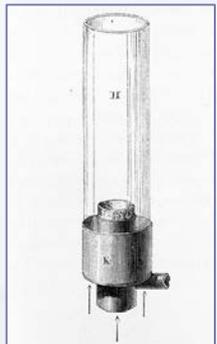
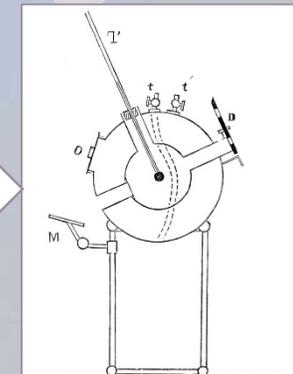


Fig. 10. — Verre du bec d'Argand.

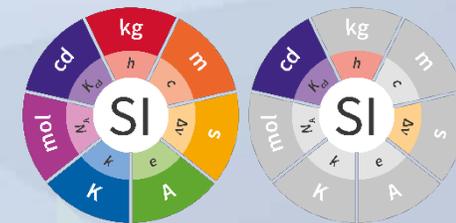


Extreme diameter of the burner 23.5 mm
 Interior diameter (for the interior current of air) 17.0 mm
 Diameter of exterior current of air 45.5 mm
 Total height of the glass chimney 290.0 mm
 Distance of the bend from the base 61.0 mm
 Exterior diameter at the bend 47.0 mm
 Exterior diameter at the top of the chimney 34.0 mm
 Mean thickness of the glass. 2.0 mm

หน่วยของ Violle กำหนดโดยการแผ่รังสีของเตาแผ่รังสีที่บรรจุแพลตินัมบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเยือกแข็ง ในพื้นที่ของการแผ่รังสีที่



วิวัฒนาการของแคนเดลา (สากล)



1900

Max Planck introduced the equation for "Blackbody Radiation"

1940

"New candle" was adopted.

1948

"New candle" became "candela" and was adopted worldwide in 9th CGPM.

1967

13th CGPM adopted more precise definition based on blackbody radiation.

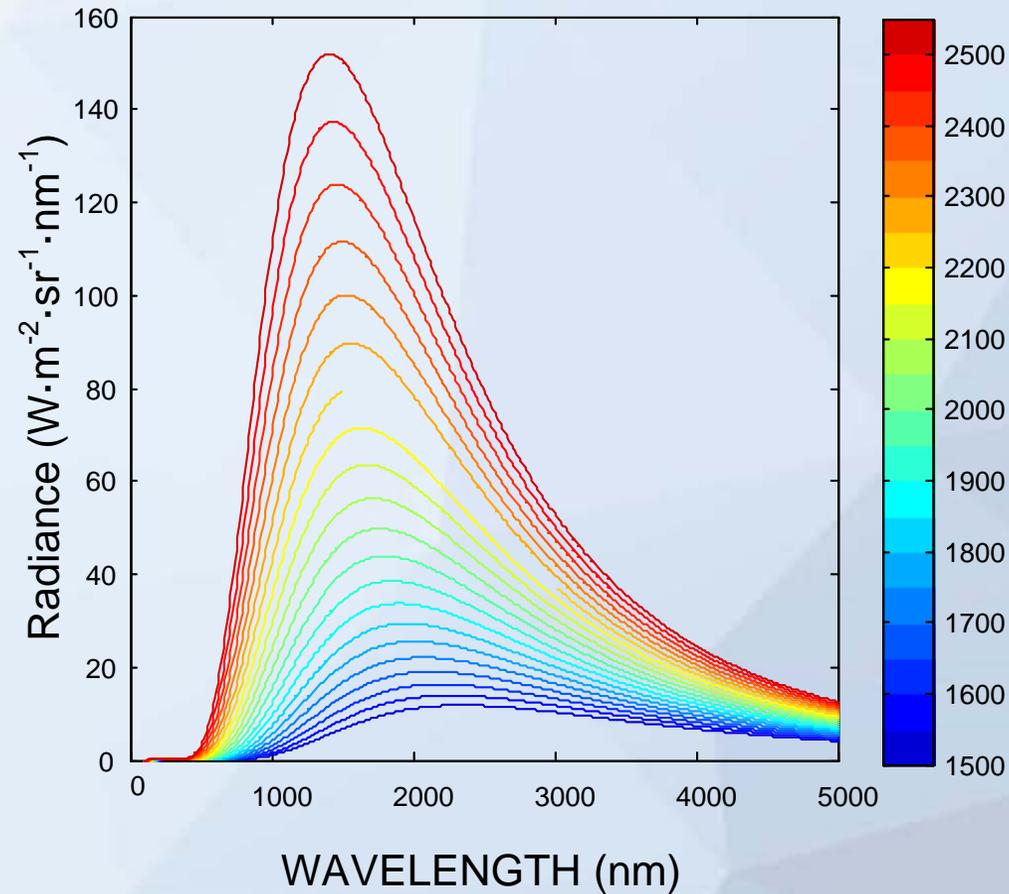
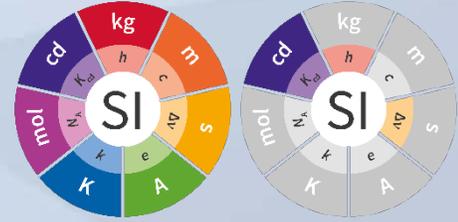
1979

16th CGPM adopted new definition relating luminous intensity to radiant power

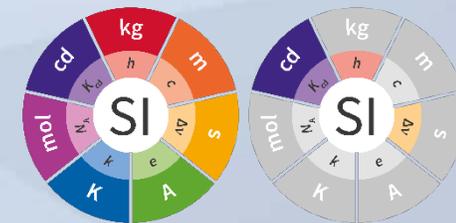
2008–2011

"The Quantum Candela Project"

สมการการแผ่รังสีของวัตถุดำ



วิวัฒนาการของนิยามของแคนเดลา



1946

CIE and CIPM

- The value of the **new candle** is such that the brightness of the full radiator at the temperature of solidification of platinum is 60 new candles per [square centimetre](#).

1948

Ratified by 9th CGPM

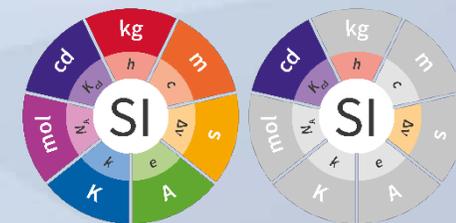
- Give the new name "candela" to the unit.

1967

Revised by 13th CGPM

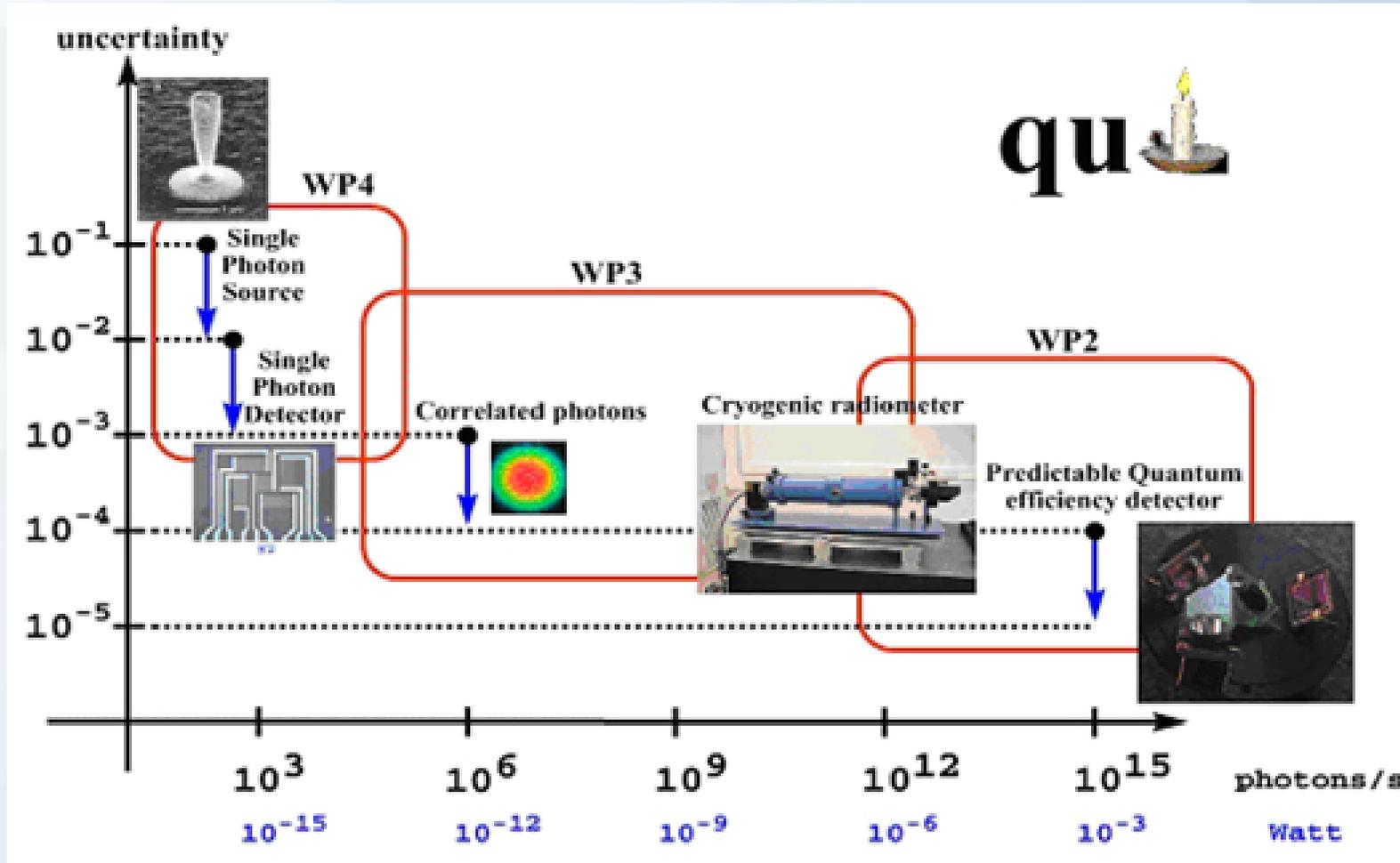
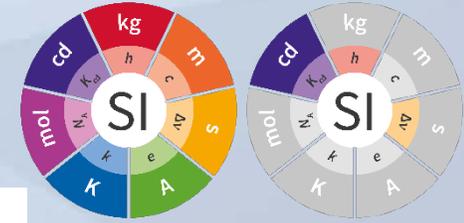
- The candela is the luminous intensity, in the perpendicular direction, of a surface of 1/600 000 square metre of a black body at the temperature of freezing platinum under a pressure of 101 325 newtons per square metre.

ความสอดคล้องของแต่ละหน่วยในอดีต

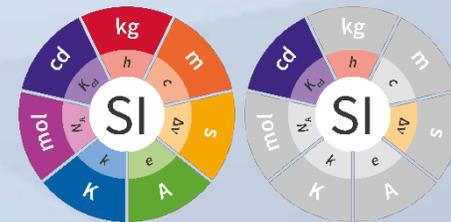


Period	Unit		Equivalent in candela
1787–	Britain	<u>candle</u> (English)	0.96 international candle
		<u>Harcourt</u> pentane lamp	
Various national photometric units	Germany	Munich candle	
		Vereinskerze	0.95 international candle
		Hefner	0.903 candela
	France	bougie de l'toile (star candle)	
		Carcel unit	0.98 candela
1889	decimal candle		= 1/20 violle, about candela
1896	decimal candle		= 1 hefner, about 0.903 candela
1909	international candle		
1946	new candle		
1948	candela		

The Qu Project



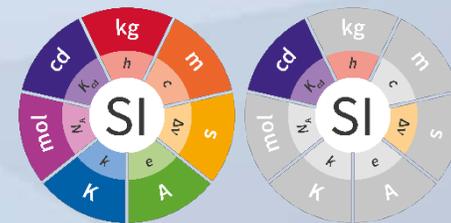
นิยามของแคนเดลา (ค.ศ. 1979 – 20 พ.ศ. 62)



- The candela is the luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} hertz and that has a radiant intensity in that direction of $1/683$ watt per steradian.

- แคนเดลาคือความเข้มของการส่องแสง (ความเข้มแสง) ในทิศทางหนึ่งของแหล่งกำเนิดแสงที่แผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่เอกรงค์ที่ 540×10^{12} เวิร์ตซ และมีความเข้มแสงในทิศทางนั้น ๆ เทียบเท่า $1/683$ วัตต์ต่อสเตอเรเดียน

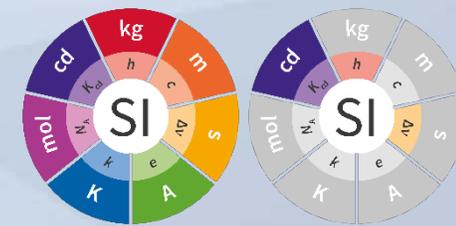
นิยามของแคนเดลาหลังวันที่ 20 พ.ค. 2562



The candela, symbol cd, is the SI unit of luminous intensity in a given direction. It is defined by taking the fixed numerical value of the luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} Hz, K_{cd} , to be 683 when expressed in the unit lm W^{-1} , which is equal to cd sr W^{-1} , or $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$, where the kilogram, metre and second are defined in terms of h , c and Δn_{Cs} .

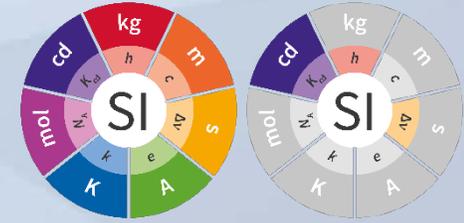
แคนเดลา คือ หน่วยในระบบหน่วยเอสไอของปริมาณความเข้มของการส่องสว่าง นิยามโดยการกำหนดให้สัมประสิทธิ์การตอบสนองของสายตามนุษย์ของรังสีเอกรงค์ที่มีความถี่ 540×10^{12} เฮิรตซ์ มีค่าเท่ากับ 683 ลูเมนต่อวัตต์ ซึ่งเท่ากับ cd sr W^{-1} หรือ $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$ โดยที่ทีโลกรัม เมตร และวินาที นิยามในรูปแบบของค่าคงที่ h , c และ Δn_{Cs} .

สรุป



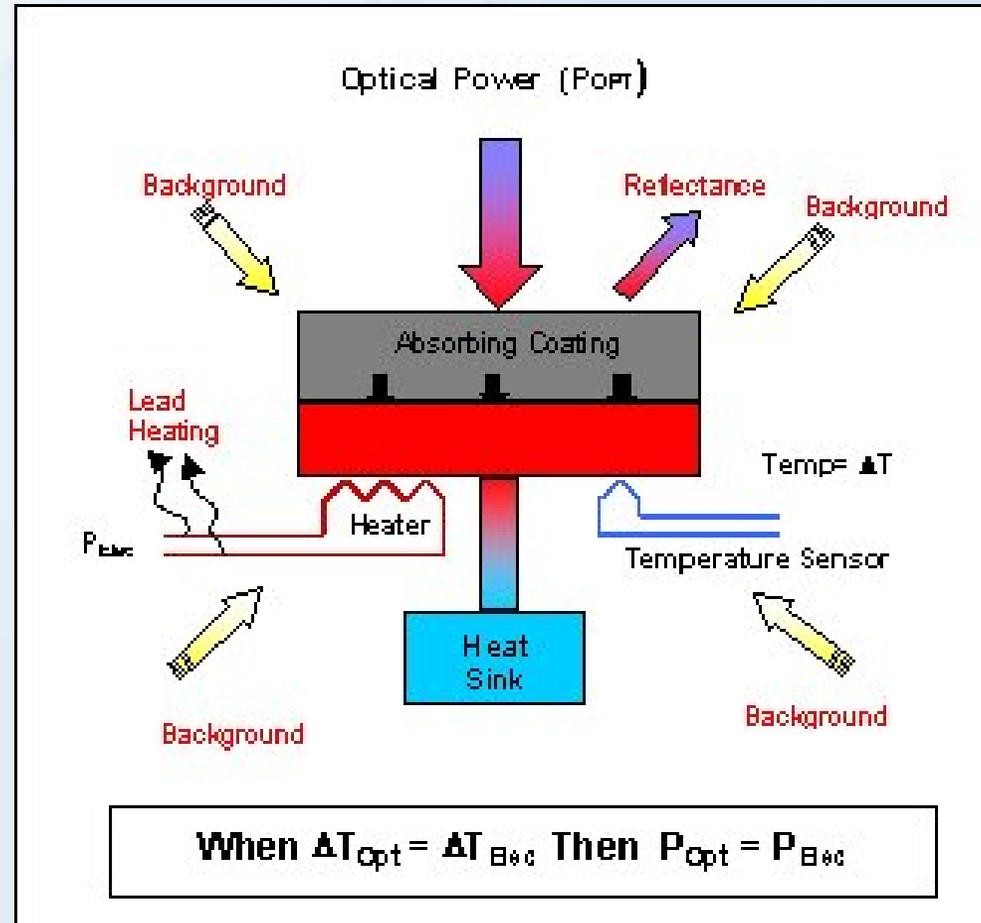
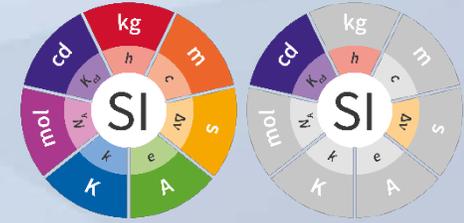
- การเปลี่ยนนิยามของแคนเดลานั้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นสาระสำคัญ นอกเหนือไปจากการเรียงรูปประโยคให้สอดคล้องอย่างเป็นระบบกับหน่วยฐานอื่น ๆ ในระบบเอสไอ
- ในอนาคต อาจมีความพยายามเพิ่มเติมในการปรับนิยามของแคนเดลา โดยใช้การนับจำนวนโฟตอนและเชื่อมโยงโดยตรงกับค่าคงที่ของแพลงค์ โดยการต่อยอด the Qn Project

Electrical Substitution Radiometry – The Principle Behind the Cryogenic Radiometer

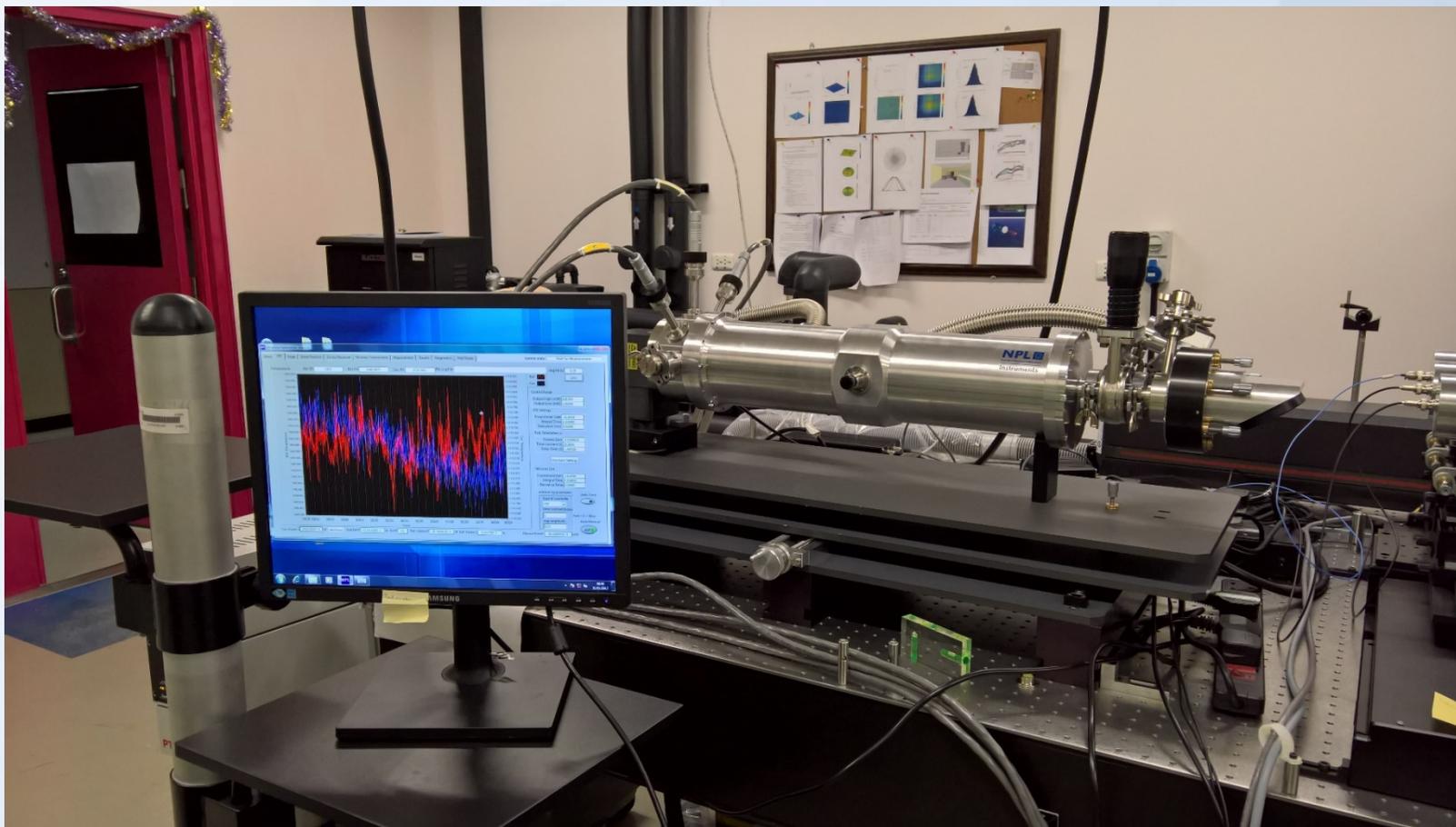
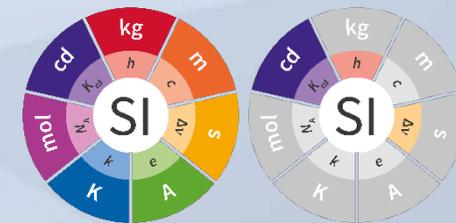


A cryogenic radiometer is based on the principal of electrical substitution radiometry (ESR). An ESR uses a thermometer to measure the temperature rise of a thermal detector, relative to a constant temperature heat sink, during alternate optical and electrical heating cycles. By adjusting the electrical power so that the detector temperature rise is the same for both types of heating, the optical power can be considered equivalent to the electrical power.

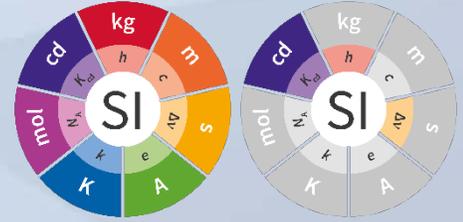
Electrical Substitution Radiometry – The Principle Behind the Cryogenic Radiometer



Cryogenics Radiometer at NIMT



แนวทางในอนาคต



- ศักยภาพ PQED เพิ่มเติม โดย มว. ได้รับความอนุเคราะห์จาก NMI ของประเทศ ฟินแลนด์ ให้ยืม Prototype ของ PQED มาทำการทดลอง

ขอบคุณค่ะ



ช่วงถาม-ตอบ