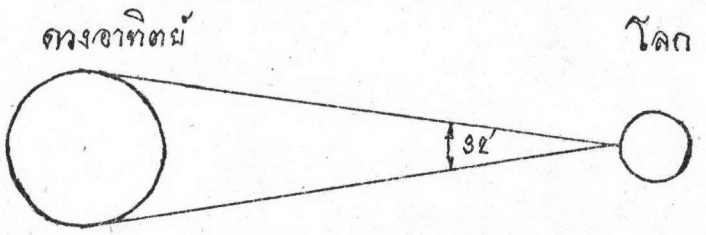
บทที่ 2

รังสีของพลังงานแสงอาทิตย์

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ดวงอาทิตย์

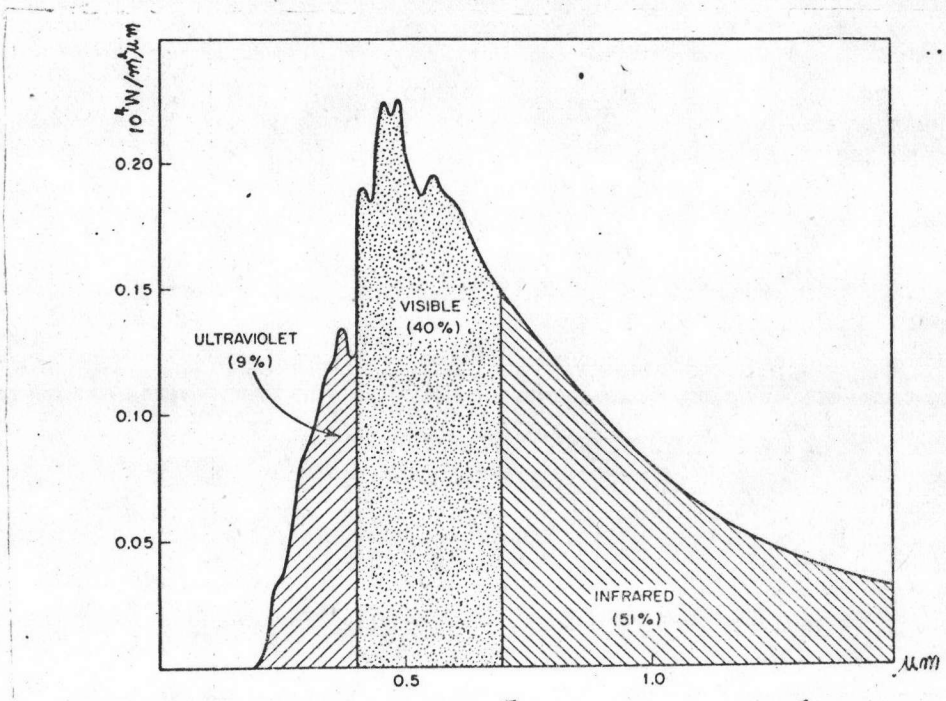
ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทาง 93 ล้านไมล์คิดเป็นมุม 32 ลิปดา ที่ผิวโลก ดังรูป 2.1 พลังงานรังสีส่งมายังโลกอยู่ในรูปพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสงใช้เวลาประมาณ 8 นาทีถึงโลก ในช่วงความยาวคลื่นสเปคตรัมประมาณ 0.25 ไมครอน ถึง 3 ไมครอน (1 ไมครอนเท่ากับ 10^{-6} เมตร) และมีความเข้มประมาณ 1,353 วัตต์ ต่อตารางเมตร ประกอบด้วยรังสีอุลตราไวโอเล็ตประมาณ 9%, แถบรังสีแสงสว่างประมาณ 40% และที่เหลือ 51% เป็นแถบรังสีอินฟราเรดดังรูป 2.2



I_{sc} = 1,353 W/m^2

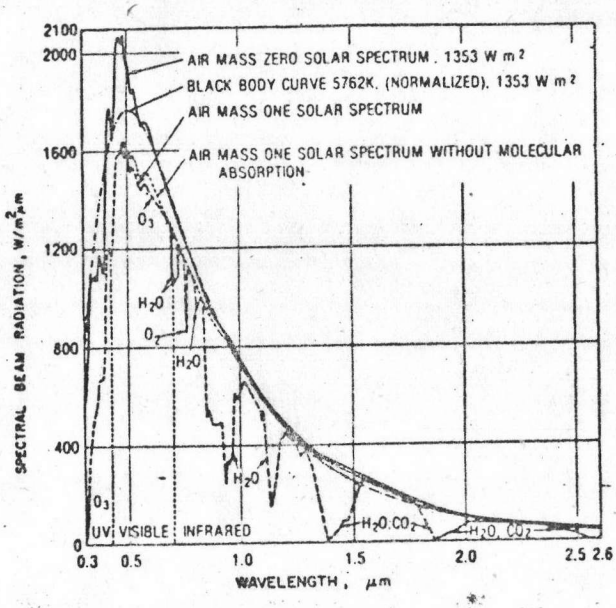
93×10^7 mi ± 1.7 %

รูป 2.1 ภาพแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์และโลก



รูป 2.2 สเปคตรัมของพลังงานแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกเพียง 2 ส่วนในพันล้านส่วนของทั้งหมด ให้พลังงานมหาศาลตลอดปีสูงกว่าที่มนุษย์ต้องการใช้ทั่วโลกประมาณ 20,000 เท่า คิดเป็นพลังงานที่ตกบนพื้นโลกตลอดปีกว่าล้านล้านล้านเมกจูล (10^{18} เมกจูล) พลังงานรังสีดวงอาทิตย์ถูกดูดกลืนเมื่อผ่านบรรยากาศซึ่งประกอบด้วยโอโซน, ออกซิเจนและน้ำ ดังรูป 2.3 ความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบผิวโลกประมาณ 700 วัตต์ต่อตารางเมตร ในขณะที่ปริมาณความเข้มประมาณ 1,000 วัตต์ ต่อตารางเมตรในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสและประมาณ 300 วัตต์ต่อตารางเมตรในวันที่มีหมอกทึบ รูป 2.4 เป็นกราฟของความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกบนพื้นราบในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส รูป 2.5 เป็นกราฟของความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกบนพื้นราบในวันที่มีเมฆมาก



รูป 2.3 ความเข้มรังสีสเปคตรัมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับมวลสารอากาศที่เป็นศูนย์และหนึ่ง

<u>ทฤษฎีการแผ่รังสี</u>

เพื่อประสงค์ที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์จึงจำเป็นจะต้องพิจารณาพลังงานของอนุภาพหรือโฟตอน สมการของพลังงานโฟตอนเป็นดังนี้

$$E = h\nu \qquad (2.1)$$

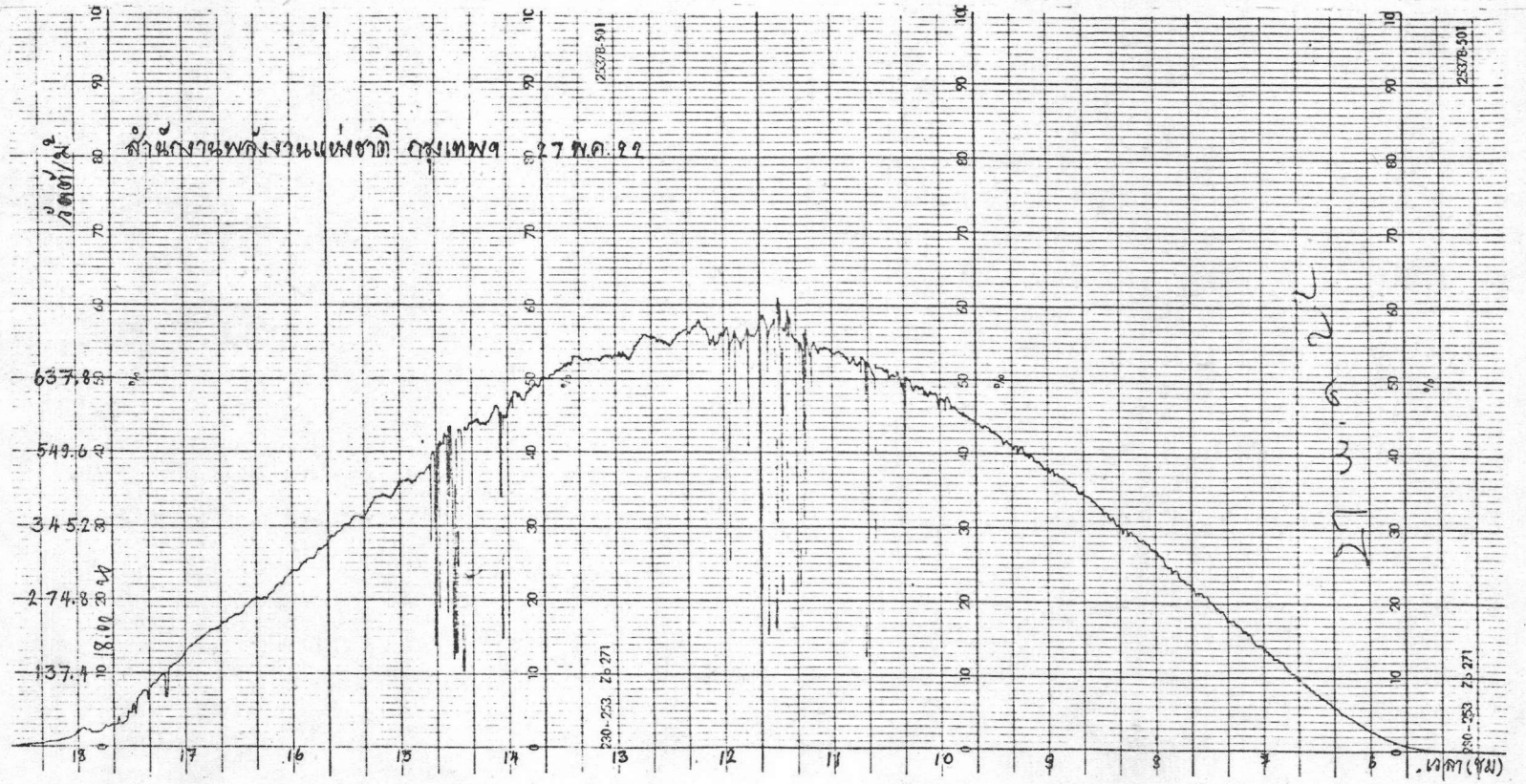
เมื่อ h = ค่าคงที่ของ Planck

$= 6.6256\ 10^{-34}$ จูล-วินาที

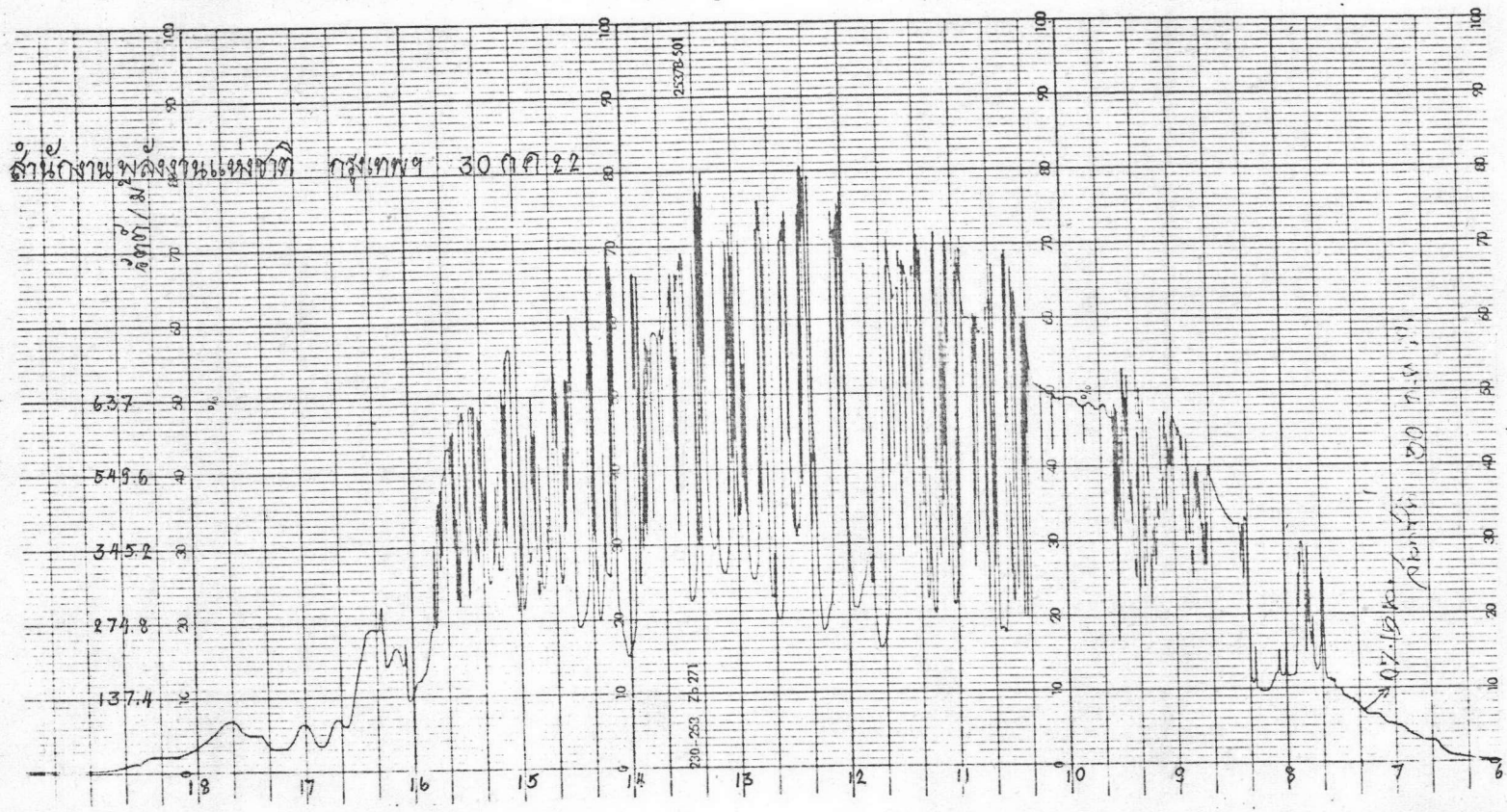
ν = ความถี่มีหน่วยเป็นเฮิร์ทซ

E = พลังงานของการแผ่รังสีมีหน่วยเป็นจูล

พลังงานจะสูงขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น แต่ความยาวคลื่นลดลงจะทำให้พลังงานโฟตอนสูงขึ้น



รูป 2.4 พลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่มีเมฆน้อย



รูป 2.5 พลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่มีเมฆมาก

วัตถุดำ (Black Body)

นิยามวัตถุดำ คือ วัตถุที่ดูดกลืนพลังงานรังสีไว้หมดหรือมีค่าสัมประสิทธิ์ดูดกลืนเท่ากับ 1 แต่อย่างไรก็ตามวัตถุดำไม่มีอยู่ในความเป็นจริง ก็ยังอนุโลมให้คาร์บอนสีดำที่มีความหนามากๆ ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ดูดกลืนเท่ากับ 0.99 เป็นวัตถุดำได้

วัตถุดำเป็นวัตถุที่คายพลังงานความร้อนได้ดี หรือกล่าวว่ามีค่าสัมประสิทธิ์คายความร้อน (ε) เท่ากับ 1 จากการทดลองปรากฏว่าวัตถุที่ดูดความร้อนได้ดีก็ย่อมคายความร้อนได้ดีกล่าว คือ

$$\alpha = \varepsilon$$

α = สัมประสิทธิ์ดูดกลืนความร้อน

กฎของ Planck และ Wein's Displacement

การแผ่รังสีที่อยู่ในสเปคตรัมของพลังงานเหล็กไฟฟ้าระหว่างความยาวคลื่น 0.2 ถึง 100 ไมโครเมตร กล่าวว่าเป็นการแผ่รังสีความร้อนและถูกคายออกจากวัตถุที่มีอุณหภูมิ พลังงานของการแผ่รังสีของวัตถุดำเป็นไปตามสมการของ Planck

$$e_b = \frac{2hc_o^2}{\lambda^5(e^{hc_o/kT}-1)} \qquad (2.2)$$

$$= \frac{c_1}{\lambda^5(e^{c_2/T\lambda}-1)} \qquad (2.3)$$

เมื่อ e_0 = 3×10^8 m/s

k = ค่าคงที่ของ Bolzmann

$c_1 = 2hc_0^2 = 3.7405\times10^{-16}$ watt m^2

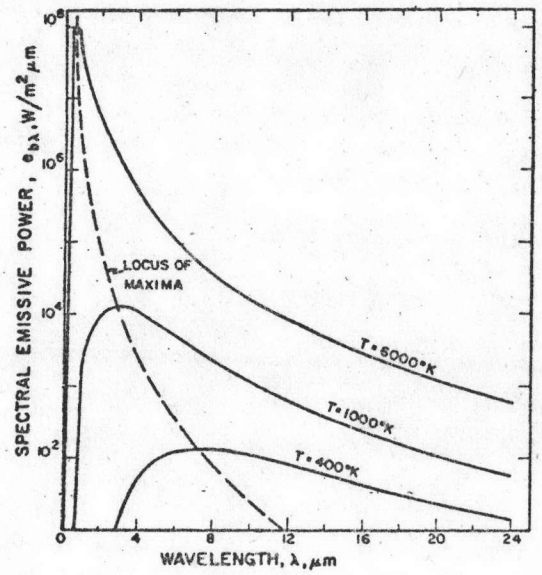
$c_2 = hc_0/k = 0.014389$ $m\,^\circ K$

สมการคำนวณหาความยาวคลื่นที่เกิดจากการแผ่รังสีของวัตถุร้อนที่ทำให้เกิดความเข้มสูงสุดที่ความยาวคลื่นหนึ่ง ซึ่งเป็นไปตามกฎของ Wien's Displacement

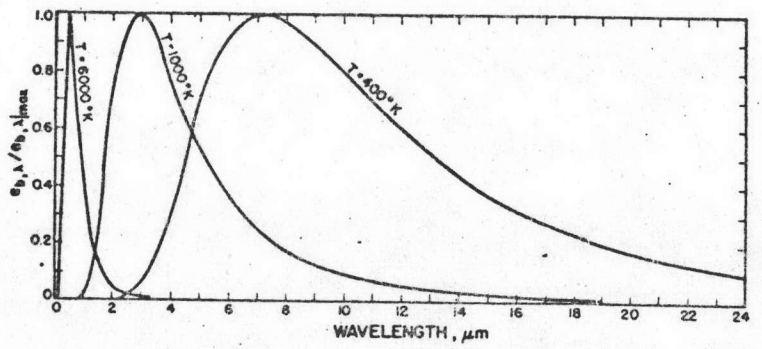
$$\lambda_{max}T = 2877.8 \quad um.\,^\circ K$$

รูป 2.6 แสดงสเปคตรัมของการแผ่รังสีจากวัตถุดำที่อุณหภูมิ 6,000°K, 1,000°K และ 400°K

รูป 2.7 แสดงอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่วัตถุดำคายออกต่อพลังงานสูงสุดที่วัตถุดำคายออกที่อุณหภูมิเดียวกัน



รูป 2.6 การกระจายสเปคตรัมของการแผ่รังสีจากวัตถุดำ



รูป 2.7 การกระจายสเปคตรัมของการแผ่รังสีจากวัตถุดำ

Stefan - Bolzmann Formula

การกระจายสเปรคตรัมของการแผ่รังสีจากวัตถุดำตามกฎของ Planck ซึ่งสามารถคำนวณหาพลังงานโดยการอินทิเกรตภายใต้กราฟ

$$e_b = \int_0^\infty e_{b\lambda}\, d\lambda = \sigma T^4 \quad (2.4)$$

เมื่อ σ = ค่าคงที่ของ Stefan - Boltmann

= 5.6697×10^{-8} วัตต์ ต่อตารางเมตร ต่อองศา

ความเข้มของการแผ่รังสีและฟลักซ์

พิจารณาถึงการแผ่รังสีออกจากวัตถุทุกทิศทาง ความเข้มของการแผ่รังสี คือพลังงานส่งจากพื้นที่หนึ่งหน่วยต่อเวลาหนึ่งหน่วยต่อมุมตัน (Ω) มีทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ดังรูป 2.8 สมการความเข้มของรังสี

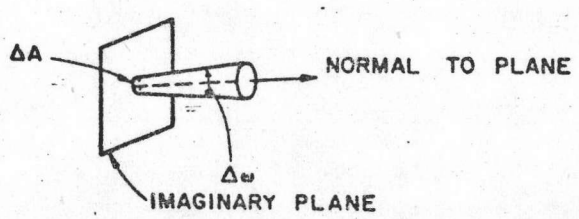
$$I = \lim_{\substack{\Delta A \to 0 \\ \Delta \Omega \to 0}} \frac{\Delta E}{\Delta A \Delta \Omega} \quad (2.5)$$

E = พลังงานต่อหน่วยเวลา

A = พื้นที่แผ่รังสี

Ω = มุมตัน

I = ความเข้มรังสี



รูป 2.8 ภาพแสดงความเข้มของการแผ่รังสี

ฟลักซ์ของการแผ่รังสีของพื้นที่ ΔA สามารถคำนวณจากความเข้มที่ผ่านพื้นที่ $\Delta A'$ บนพื้นผิวครึ่งทรงกลมรัศมี r ดังรูป 2.9 พลังงานของการแผ่รังสีอยู่ในรูปสมการง่าย ๆ

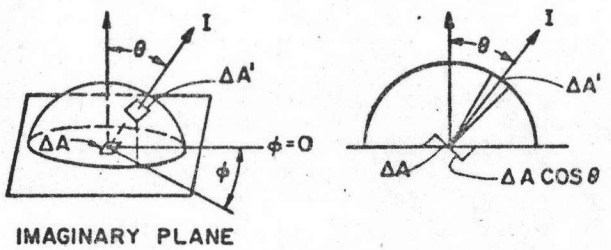
$$Q = I\Delta A.\cos(\Delta A'/r^2) \qquad (2.6)$$

เมื่อ $\Delta A'/r^2$ = มุมตัน

พลังงานต่อหน่วยมุมตัน

$$q = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta A} = I.\cos(\Delta A'/r^2) \qquad (2.7)$$

$$q = \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} I.\cos\theta.\sin\theta.d\theta.d\phi \qquad (2.8)$$



รูป 2.9 ภาพแสดงฟลักซ์ของการแผ่รังสี

I มีค่าคงที่ทุกทิศทาง

$$q = \pi I \qquad (2.9)$$

พื้นที่ที่มีความเข้มคงที่เรียกว่า Lambertonian พลังงานที่คายออกจากวัตถุดำมีค่า

$$e_b = \pi I_b \qquad (2.10)$$

เราสามารถเขียนพลังงานที่คายออกจากวัตถุดำ แต่ละความยาวคลื่น

$$e_{b\lambda} = \pi I_{b\lambda} \qquad (2.11)$$

<u>วัตถุเทา</u> (Gray Body)

ข้อกำหนดว่าวัตถุใดเป็นวัตถุที่มีคุณสมบัติเป็นวัตถุเทา คือ

1. พื้นผิวสีเทาเป็นพื้นผิวที่การแผ่รังสีของแต่ละความยาวคลื่นเป็นอิสระ
2. การกระจายของรังสีเท่ากันตลอดทั้งผิว
3. อุณหภูมิเท่ากันตลอดทั้งผิว
4. พลังงานที่ตกกระทบพื้นผิวสม่ำเสมอตลอด