

# 黑體輻射

## 【目的】

1. 證明史蒂芬-波茲曼輻射定律 (Stefan-Boltzmann Law) ---單位時間內輻射的總能量和絕對溫度四次方成正比。
2. 探討輻射能量除了和溫度有關外，還有哪些影響因素。
3. 觀察熱輻射源和熱感應管之間的距離對毫伏特計成何種關係的影響。(加分)

## 【原理】

1859年，德國物理學家Kirchhoff提出了輻射定律 (law of radiation)，指出在確定的溫度下，物體對輻射能之放射率或吸收率與表面之性質有關。而黑色物質對輻射能具有較大的吸收能力。如果一個物體在任何溫度下都能完全吸收任何頻率的輻射能，那麼這個物體便稱為黑體 (blackbody)。當然，實際上並不可能得到一個完全黑體。但在實驗上，我們可以用一個開了一個小孔的空腔來近似一個完全黑體。當外界輻射能經由小孔射入空腔後，此輻射線經過多次反射，幾乎無機會再由小孔出射，故可視為輻射能被空腔所完全吸收。若加熱此空腔至某一溫度，觀察由小孔之出射光譜，該光譜與在同一溫度之黑體之吸收光譜應該完全相同。

1879年，J. Stefan由實驗結果歸納而得到：空腔輻射體單位時間內輻射的總能量，即輻射功率(R)與空腔輻射體的絕對溫度(T)之四次方成正比，即 $R = \sigma T^4$ ， $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$  (watt·m<sup>-2</sup>·K<sup>-4</sup>) 稱為史帝芬常數 (Stefan constant)，為實驗決定出來的經驗常數。五年之後，即1884年，波茲曼以熱力學的觀點從理論直接導出該式，後來這個式子就叫做史帝芬-波茲曼定律 (Stefan-Boltzmann law)。

## 【方法】

摩氏熱感應器由16個熱電偶 (thermocouple) 串聯組成，熱電偶的材料為康銅—錳銅 (constantan-manganin)，當輻射線照射在感應器上，可以藉著熱電位的產生，得到熱輻射流量。

萊氏盒是用來說明物體熱輻射決定於溫度、顏色或吸熱特性，它是由黃銅所製成的中空正方體，頂部有兩孔，可用來注入液體或插入溫度計。它有四個不同的面，一面為光滑可反射之面，一面為粗糙面，第三面為白色，第四面為黑色。本實驗使用時由頂部之孔注入熱水，並插入溫度計以測知溫度的變化。

## 【儀器】

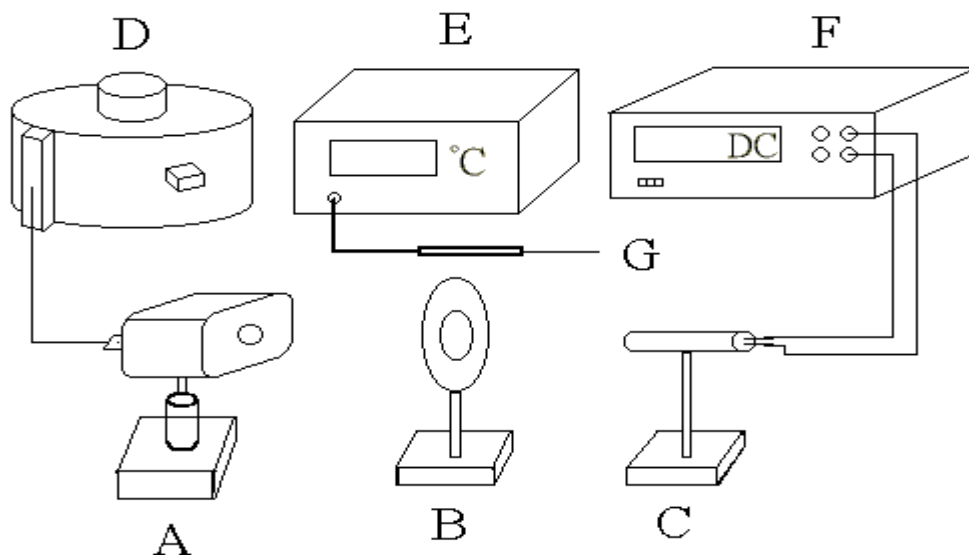
1. 摩氏熱感應器
2. 毫伏特計
3. 自耦變壓器
4. 加熱爐 (tube oven)
5. 溫度計 (附探針)
6. 光圈盤
7. 萊氏盒 (Leslie' s Cube)

### 【注意事項】

1. 利用自耦變壓器將電能轉換為熱能，並不代表  $1V$  可以上升  $1^{\circ}C$  ( $1V \neq 1^{\circ}C$ )，故自耦變壓器的電壓須由小慢慢調大至  $180V$ ，且於實驗結束後調回零。
2. 加熱爐溫度請勿超過  $220^{\circ}C$ 。
3. 測量者請勿任意移動，否則會造成實驗的誤差。
4. 在測量萊氏盒四面的電壓值時，因水溫下降快速，請加快紀錄的速度。
5. 本實驗所需熱水請自行利用電壺加水加熱獲取。（嚴禁使用飲水機的熱水）
6. 使用電壺時，請於洗手檯旁加水加熱，勿拿至儀器桌旁，以免淋濕儀器造成損壞。
7. 電壺內無水時，切勿通電加熱；使用時，水須滿過電熱管之上才能通電。
8. 摩式熱感應器為全新儀器，市價為  $57,000$  元，請小心使用。切勿用細長的東西如溫度探針去插入摩式熱感應器的內部薄膜，一旦造成損壞，因為無法修復，將要求照價賠償。
- ※9. 摩式熱感應器前端有一保護功能的玻璃罩，請於測量時取下，測量完畢後套回去，以維護摩式熱感應器的安全。

### 【步驟】

1. 實驗裝置如下圖所示。



A：加熱爐、B：光圈盤、C：摩式熱感應器

D：自耦變壓器、E：溫度計、F：毫伏特計、G：探針

2. 將 A 架上放置加熱爐且先不要打開電源，調整光圈盤、加熱爐、摩氏感應器之高度在同一線上。
3. 證明輻射總能量和絕對溫度之間的關係  
打開電源，調整 D 且每上升  $5^{\circ}C$  紀錄毫伏特計之讀數值，一直到溫度上升至  $200^{\circ}C \sim 220^{\circ}C$  之間，測加熱爐之溫度且同時測量摩氏熱感應器的電壓值（此電壓值為直流電壓）。
4. 探討輻射能量除了和溫度有關外，還有那些影響因素  
拿下加熱爐，放上萊氏盒（注入沸水約半滿）且其他儀器保持原來位置，選擇任一平面對著摩氏熱感應器，紀錄溫度和毫伏源值，每下降  $5^{\circ}C$  紀錄一次，直到完成其他三面的測量。  
註：可以同時測量四面，或者同時測量兩面，分兩次進行，不需每面分開獨立測量。

5. 觀察熱輻射源和熱感應管之間的距離對毫伏特計成何種關係的影響。(加分)

P.S. 加分部分請事先與助教討論，經助教許可後，方可進行。

**【問題】**

1. 何謂熱電偶 (thermocouple)？其工作原理為何？

2. 根據步驟 3. 的紀錄，以  $\text{mV}$  和  $T^4 / \text{K}^4$  為軸作圖，圖形是否為一直線，是否通過原點，為什麼？

3. 根據步驟 4. 的紀錄，分別求出萊氏盒 4 個面的輻射能量和  $T$  的比值，再以理論解釋其比值的排列順序是否合理。

4. 根據步驟 5. 的紀錄，試找出熱輻射源和感應器之間的距離對毫伏特計成何種關係的影響？(加分)

P.S. 加分部分沒作者，可以不用回答該題。