

蒲朗克黑體輻射的公式

〈1900 年 10 月〉

(譯自 APS News, 2002 年 10 月)

譯/蕭如珀、楊信男



蒲朗克

當人們想到量子物理的先驅者時，腦中一定馬上浮現 Dirac、愛因斯坦、波爾、Heisenberg、Schroedinger 等人，然而，最初卻是由於蒲朗克〈Max Planck〉對黑體輻射多年研究所累積在熱力學方面過人的洞悉力，才建立起量

子物理革命的舞台。雖然大家很快地就接受了蒲朗克的輻射法則，但是「能量量子化」這個嶄新觀念的重要性還是經過好多年後，才得到世人的關注。一旦大家重視它時，物理世界就呈現全然不同的面貌了。

1858 年，蒲朗克誕生於學術世家，他的祖父與曾祖父都是德國哥廷根大學的神學教授，父親則是基爾大學的法律教授。蒲朗克 16 歲進慕尼黑大學，主修物理，21 歲得到博士學位，論文研究的是熱力學的第二定律。之後，他於慕尼黑大學任教，直到 1885 年才轉到基爾大學當講座教授。四年後，他到柏林大學當理論物理的講座教授，直到 1927 年退休為止，共任教 38 年。

蒲朗克研究熱力學第二定律的論文，於 1900 年成爲他發現作用量子化的研究基礎，即現在所稱的蒲朗克常數 h 。1859 年末，Kirchhoff 曾爲黑體如此下定義，說它是一個能將輻射完全放射與吸收的理想物體。直

至 1890 年代，科學家曾嘗試以各種不同的理論與實驗來決定能量的分佈—即以曲線來表示黑體在不同的溫度下所放射出各不同頻率輻射的能量。

蒲朗克對於他的同事韋恩(Wilhelm Wien)在 1896 年所發現的公式特別感興趣，因此，他做了一系列的嘗試，希望在熱力學第二定律的基礎上導出「韋恩定律」。然而，1900 年 10 月，他的同事所做的試驗中已確切證明，韋恩定律在高頻率時成立，低頻率時則完全不對。爲此，蒲朗克再著手於此方面的研究。他發現韋恩定律如果要在高頻範圍成立的話，那麼在高頻區輻射的熵在數學上必需和能量有關；他也發現如果是低頻率時，輻射的熵與低頻區能量的關係必需和高頻區一樣，才能與實驗的結果一致。因此，他決定以最簡單的方式將高、低頻率的公式結合起來，終於導出了輻射能量與頻率關係的公式。

1900 年 10 月 19 日，蒲朗克將最後的結果於德國物理學會的會議中發表，得到大家的歡呼，認爲正確無誤。但對於蒲朗克來說，這只不過是「幸運的猜測」而已，所以他又試圖從基本原理中去導出整個理論的架構。1900 年 12 月 14 日，他只經由引入一個在當時物理上是革命性的概念—即組成黑體及將入射輻射能再放射出去的振子，無法連續性地吸收此能量，只能離散性地，或是量子性地進行—就成功地達成了他的目的。

能量量子化的概念基本上和過去所有的物理理論相抵觸，它的重要性最初並未完全受到理解與重視，甚至蒲朗克本人也一樣，只能算是一個勉強的革命

家。然而，當它可以用來解釋許多現象中的觀測結果與古典理論之間的差異，其中包括愛因斯坦對光電效應的解釋時，此概念的正確性就無可撼動了。1918年，蒲朗克因「能量量子化的發現」之基本貢獻得到了認同而獲得諾貝爾物理獎。

蒲朗克之後並未再做出其他重要性可與 1900 年的研究相比擬的重大發現，但他仍是科學界重要的人物，是著名科學家中最先支持愛因斯坦特殊相對論者之一。在他晚年時，蒲朗克更致力於哲學、美學與宗教問題的寫作。1912 年，他成為普魯士科學院數學與物理組的永久執行長，1930-1937 年間，他也是 Kaiser Wilhelm 研究院（現在改名為蒲朗克研究院）的院長。可惜他在專業領域上的成功並未反映在他個人的生活上，他第一任太太於 1909 年過世，與他共渡 22 年的婚姻生活；4 個小孩中有 3 個於 1919 年前離開人世（譯者註：長子在第一次大戰中身亡，一對雙生女皆因難產過世）。

二次大戰期間，蒲朗克決定留在德國，為德國物

理界貢獻心力，但那卻是一個代價很大的決定。他在柏林的房子因遭到砲擊而完全摧毀，而他當時剩下唯一的兒子因涉入 1944 年 7 月 20 日刺殺希特勒的陰謀中，於 1945 年初遭到德國秘密警察蓋世太保的執法身亡。蒲朗克於 1947 年 10 月 4 日過世，享年 89 歲，留下第二任太太和第二次婚姻所生的一個兒子。

註 1：蒲朗克的音樂造詣很高，除了精通聲樂、鋼琴、風琴與小提琴外，他還擅長作曲與歌劇創作。

進一步閱讀資料：

Kragh, Helge. "Max Planck: The Reluctant Revolutionary," *Physics World*, December 2000.

譯者簡介

蕭如珀 自由業

楊信男 台灣大學物理系

E-mail: snyang@phys.ntu.edu.tw