

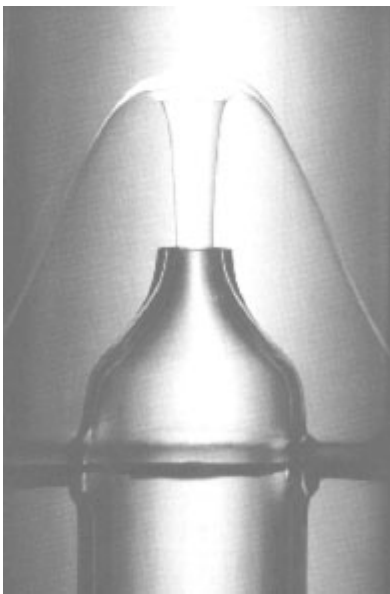


# 本月物理史

譯/蕭如珀、楊信男

## 1938 年 1 月：超流體的發現（譯自 APS News，2006 年 1 月）

當氦-4 降溫至低於 2.2K 時，它會開始出現一些很奇特的行爲—液態氦幾乎可以毫無阻力地通過細管，甚至可以爬上管壁，溢出管外。儘管液態氦早就出現奇特的現象，但是科學家還是在將氦液化過後的 30 年才發現它的超流體性。



圖一：超流體液氦噴泉。

1908 年，Heike Kamerlingh Onnes 首度在荷蘭的雷登大學（University of Leiden）將氦液化，之後很快地

蕭如珀 自由業

楊信男 台灣大學物理系

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

就發現了液態氦奇特行爲的跡象。直至 1924 年止，Onnes 很精密地測量了液態氦的密度，他發現當溫度持續下降，液態氦的密度在大約 2.2K 時突然達到最高。1927 年，Willem Keesom 和 Mieczyslaw Wolfke 下結論說，液態氦在 2.2K 時經歷狀態的改變（即相變），他們稱 2.2K 為「 $\Lambda$  點」（lambda 點），因為它熱量與溫度的對照圖表曲線和希臘的字母「 $\Lambda$ 」很相似，這兩個「相」分別稱之為氦 I 和氦 II。

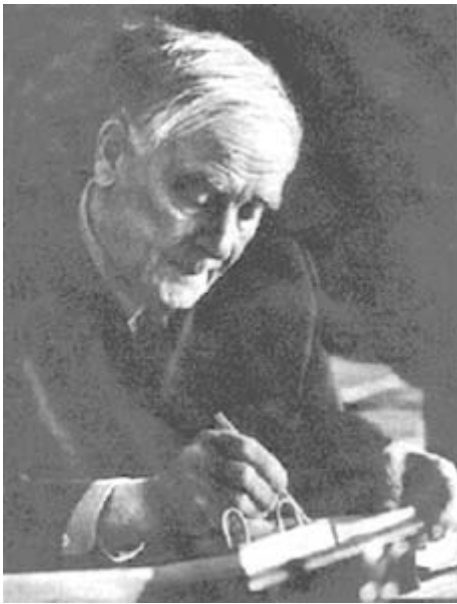
雖然這些結果很有趣，但並沒有很讓人驚訝，也因此當時並未引起太多的關注。真正值得注意的結果是，1937 年 Pyotr Kapitsa 首次在莫斯科發現氦 II 是超流體，並於 1938 年 1 月將其發表；同時，John F. Allen 和 Donald Misener 也獨立地於多倫多大學發表了相同的結果。

Kapitsa 是軍事工程師的兒子，於 1894 年誕生在列寧格勒附近的克羅斯達特（Kronstadt）。他在佩翠格拉德理工學院（Petrograd Polytechnical Institute）主修工程學，於 1918 年畢業後留校擔任講師多年，並致力於磁場的研究。

1921 年，Kapitsa 的太太與兩個年幼的小孩因感冒大流行而病故，之後，他搬至劍橋，在 Cavendish 實驗室和 Ernest Rutherford 一起做研究。Kapitsa 首先研究磁場，找出產生極強磁場各種方法。幾年後，他

轉而研究低溫現象，1934 年，發展出將大量氦液化的新方法，奠定了他日後繼續研究此奇特液體的基礎。

1934 年，Kapitsa 訪問俄羅斯，結束後要返回劍橋，但不知何故，史達林下令扣押他的護照，將他拘留。在確定他無法回到劍橋後，Rutherford 幫忙將他在劍橋實驗室的大部分設備運送給他，於是 Kapitsa 就在莫斯科建立了新的研究設施—物理問題研究所。1937 年，Kapitsa 在莫斯科研究液態氦的熱傳導時，他測量其通過兩個圓盤中間的狹縫後，流入旁邊盆子的流動。



圖二：Pyotr Kapitsa

結果令人很震驚：在  $\Lambda$  點之上，液態氦幾乎沒有流量，但在  $\Lambda$  點之下的溫度，液態氦的流量便很順暢，所以 Kapitsa 畫了一個它與超導體的相似圖，1938 年 1 月 8 日在他發表於「自然」雜誌中的論文這樣寫著：「低於  $\Lambda$  點的氦進入一個特殊的狀態，可以稱之為『超流體』。」

同時，在多倫多大學的 Allen 和 Misener 也做了類似的液態氦研究，但使用的方法有些不同—他們測量液態氦通過狹窄玻璃管的流量，也觀察到了其極低的黏性。他們注意到液態氦的流量幾乎與壓力無關，

因此「任何已知的公式都無法從我們的數據中計算出有意義的黏性系數。」他們的論文也發表於「自然」雜誌，緊接在 Kapitsa 的文章之後。

我們現在知道，氦 II 可以解釋為兩種流體的混合，一部份是正常的流體，另一部份是原子已凝聚成單一量子型態的超流體。這個兩種流體的模型可用以解釋 Kapitsa 和 Allen 與 Misener 的結果。

Kapitsa 繼續著他多年的低溫物理研究。在第二次世界大戰期間，他為蘇聯的煉鋼廠建造了一套設施，可以生產大量的液態氧。在 1940 年代，他開始研究電漿物理和核融合，1946 年，他因拒絕參加蘇聯的原子彈研究，不得史達林的歡心，而被物理問題研究所解聘，直到史達林過世後，才又重被聘用。

1978 年，在 Kapitsa 發現超流體後 30 年，他因低溫物理的研究而榮獲諾貝爾物理獎，那時他早就改研究其他的物理問題了。和他同時獲獎的是發現宇宙線的 Arno Penzias 和 Robert Wilson。

雖然 Allen 和 Misener 兩人與 Kapitsa 一樣實際做了相同的發現，卻沒有獲得諾貝爾物理獎，所以一般來說，只有 Kapitsa 一人得到發現超流體的榮譽。

液態氦的研究，與對超流體奇特性質的理解，對低溫物理學來說一直都很重要，直至今日，科學家還經常發現很多奇特的低溫現象，所以它仍是個很有趣的領域。