

恆星光譜的秘密（上）

在天文館的展示場裡，透過適當的敘事及史實，可以搭建出許多套相當完美的故事書，
以下這套故事，是有關恆星光譜的秘密。

文／許晉翊



位於天文館二樓，介紹恆星光譜的展示品「光譜的種類」。

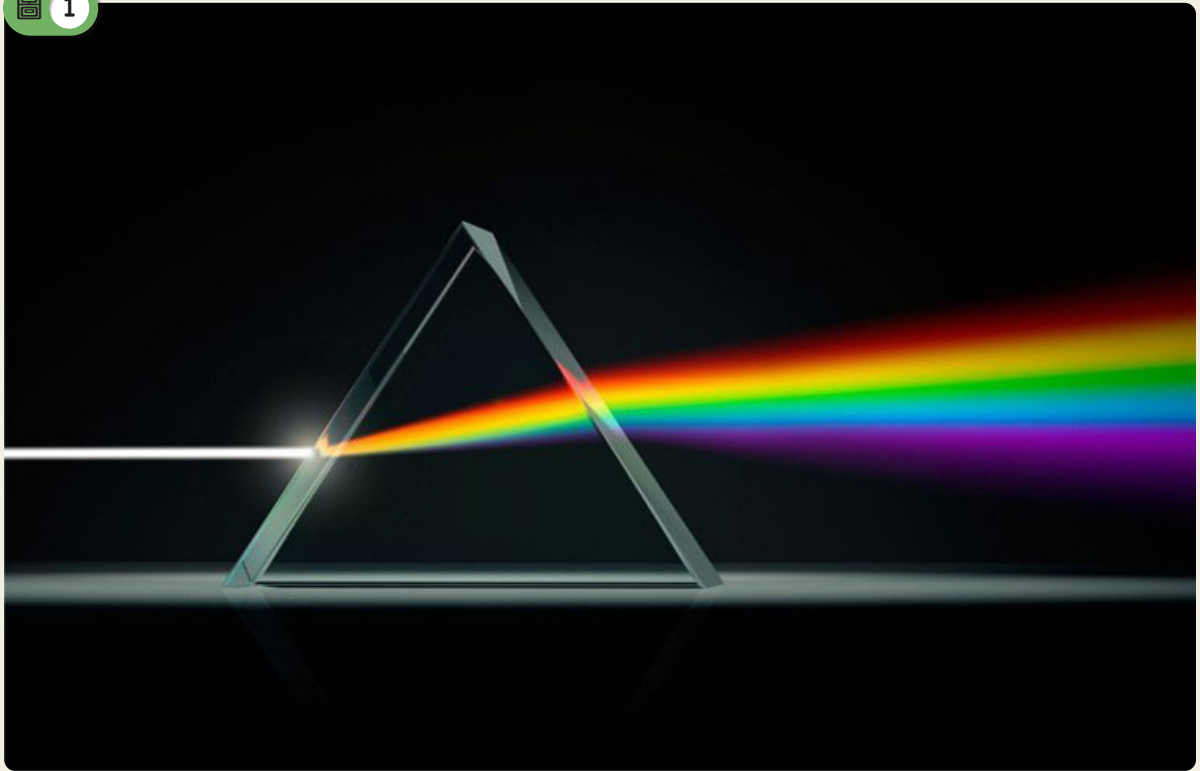
幻影的誕生

這個故事始於一個充滿好奇心的七歲男孩，1650年，他仰望天空，為那道絢麗的彩虹深深著迷，鄉村學校教育無法阻止他展露鋒芒，隨著歲月流逝，19歲的他進入了劍橋大學三一學院。

然而，真正改變歷史的時刻發生在他23歲那年。當時大瘟疫席捲英國，學校關閉，他被迫回

到家鄉的農莊，在孤獨與靜謐中，他將自己關在一間全黑的房間裡，僅在窗板上鑽了一個小洞，讓一道陽光射入。他拿起自製的三稜鏡擋在光束前，白光瞬間在牆上展開成一道絢麗的七彩光帶，他終於明白，彩虹不是無中生有，而是隱藏在陽光裡的秘密，破譯了彩虹的由來。看著牆上那如幻影般的色彩，他借用了拉丁文中代表『幽靈、幻影』的詞彙——Specter，將其命名為『光譜』（Spectrum），如圖1，這個人，就是艾薩克·牛頓。

圖 1



三稜鏡的色散現象。影像來源：維基百科

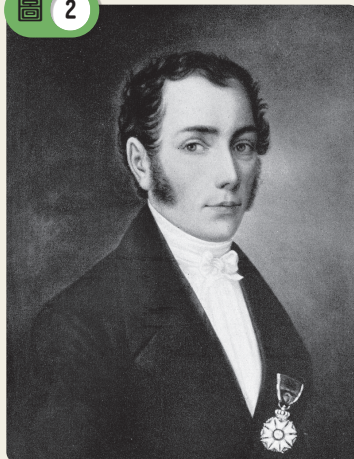
廢墟中的奇蹟 夫朗和斐與宇宙條碼

時光再流逝了150年，故事的主角換成了一位飽受奴役的德國孤兒。1798年，11歲的約瑟夫·夫朗和斐正受困於令人絕望的奴役中，剛成為孤兒的他，為了生活而在慕尼黑的一家玻璃作坊當學徒。他站在盛滿有毒化學物質的坩堝前沒日沒夜地工作，這間玻璃作坊是皇家製鏡人-魏切斯伯格的直屬管轄區。他不僅禁止約瑟夫上學，讓他白天在玻璃作坊工作，晚上還得打理他家的家務。

3年後，一場突如其來的災難卻成為了他的轉機，魏切斯伯格的玻璃作坊意外倒塌，他被埋在廢墟裡。由於涉及皇家製鏡廠，因此，由帝選侯馬克

西米利安帶領救援行動，並且在眾目睽睽之下，馬克西米利安王子親自監督救援並拯救了這位被埋在瓦礫堆中的少年，在王子的關注之下，他得以進入

圖 2

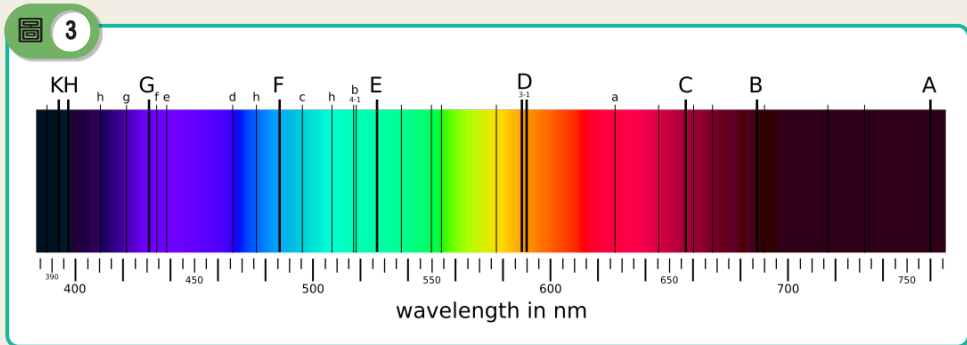


約瑟夫·夫朗和斐。
圖片來源：維基百科

了一個全新的世界。王子提供金錢資助夫朗和斐，並且讓他的樞密官在必要的時候提供他進一步的援助：當魏切斯伯格還在阻止他上學時，樞密官則向王子提議讓夫朗和斐到光學學院就讀，錢不用擔心，王子會支付。王子絕對不會想到，這項小小的善舉，即將為巴伐利亞帶來世界級的科技革命。

27歲時，夫朗和斐已儼然是一位高品質鏡片設計師，包含望遠鏡、透鏡和其它光學儀器，他在班乃迪克特伯伊昂修道院建立的工作室，是當時巴伐利亞的『臺積電』，守衛森嚴且技術極度保密，就像今日的高科技奈米製程，是國家的絕對機密。在高品質的鏡片製作中，夫朗和斐希望能找到最佳的玻璃材質，於是他找上了過去牛頓發現光譜的方法，「三稜鏡」。夫朗和斐將三稜鏡改良以得到更

為清晰的光譜圖，而為了能夠看到更為細緻的光譜圖，他取來了船用瞭望鏡來放大牆上的光譜。透過瞭望鏡及高精度的三稜鏡來觀察絢麗太陽光譜，他驚訝地發現，在這些彩色的光譜下，竟然橫亙著無數條細小的黑線，他細心地記錄下574條黑線，這些黑線像是一組神祕的密碼，寂靜地刻在光譜上，如圖3。當時的他還不知道，這些黑線就是宇宙的『條碼』，隱藏著恆星組成的終極秘密，而夫朗和斐利用儀器將光譜放大的這個作法，也意味著全新研究領域的開端—天文光譜學，如圖4。夫朗和斐雖然記錄下了這五百多條黑線，但直到他去世，都未能解開這些「宇宙條碼」背後的真相。或許是天妒英才，又或許是夫朗和斐早年在玻璃作坊的有毒工作經歷埋下的身體隱疾，他在1826年逝世，享年僅39歲。



夫朗和斐記錄的太陽光譜。圖片來源：維基百科



「光譜的種類」展示品中，介紹恆星吸收光譜的內容。

實驗室的煉金術 解開化學指紋

33年後，海德堡大學的兩位科學家－羅伯特·本生、古斯塔夫·克希荷夫，如圖5，才解開條碼中的秘密。本生是一位對火焰著迷的化學家，他發明了現在實驗室常見的「本生燈」，能產生幾乎透明的高溫火焰。當他將不同的化學物質（例如鹽、鋇或鎂）丟進火焰時，火焰會呈現出特定的顏色，如圖6。然而，這僅僅是肉眼的觀察。他的物理學家好友克希荷夫提議：「如果我們用三稜鏡來觀察這些火焰，會看到什麼？」

於是，他們把實驗室變成了一個微觀的宇宙劇場。他們發現，每一種化學元素在燃燒時，都不會產生完整的光譜，而是會發出幾條特定位置的「亮線」，如圖7。最驚人的發現發生在他們觀察鈉鹽（食鹽）的火焰時：那兩條明亮的黃色亮線，其位置竟然與太陽光譜中夫朗和斐標記為「D」的那兩條黑線完全重疊！

克希荷夫立刻意識到了一個震驚世界的物理法則：當光線穿過較低溫的氣體時，氣體中的元素會「吸收」掉與自己發光頻率相同的光。換句話說，太陽光譜中的那些黑線，並不是隨機的空白，而是太陽大氣中的化學元素所留下的「吸收指紋」。透過對比實驗室裡的亮線與太陽光譜的黑線，克希荷夫激動地宣稱：「即使我們無法觸及太陽，我們現在也能知道太陽是由什麼組成的！」為了紀念那位在玻璃作坊長大的先驅，他們正式將這些太陽光譜中的黑線命名為「夫朗和斐線」。從那一刻起，天文學不再只是觀察星星的位置，而是進化成了「天文物理學」，人類終於擁有了一把鑰匙，可以跨越數億光年的距離，解讀宇宙中每一顆恆星的成分——原來，星星的故事，全都寫在它們的光譜裡。（待續）

許晉翊：臺北市立天文科學教育館



圖 5 克希荷夫（左）與本生（右）。圖片來源：維基百科

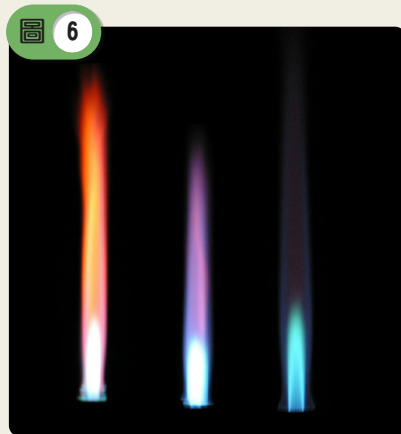


圖 6 將不同化學物質丟入本生燈的火焰中，會出現不同顏色。圖片來源：維基百科

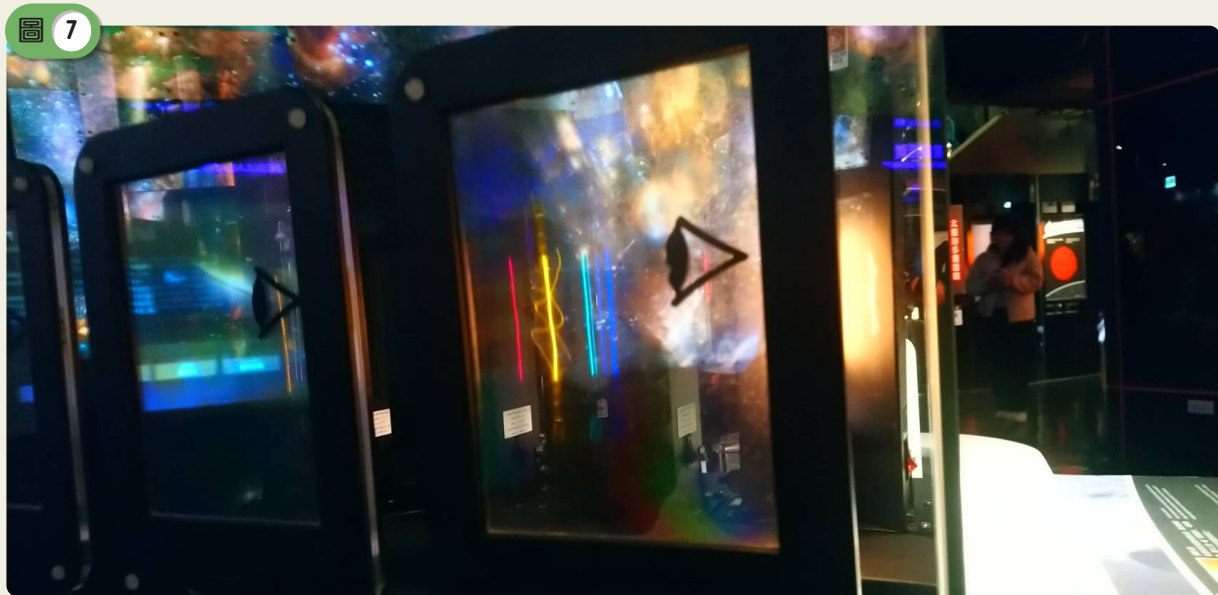


圖 7 「光譜的種類」展示品中，介紹發射光譜的部分，從透明片的右側向左觀察，可以看見由特定元素發出的發射光譜。