

文/ 王彥翔

曾經看過犯罪懸疑劇的朋友想必都有看過劇中刑警利用指紋來尋找犯人的橋段。指紋是我們指認出一個人的重要特徵，但你可曾想過在天上閃閃發光的星星也有自己的「指紋」？接下來，就讓我們到天文館展示場來解讀星星給我們的訊息吧！

從光譜 看見星星的指紋

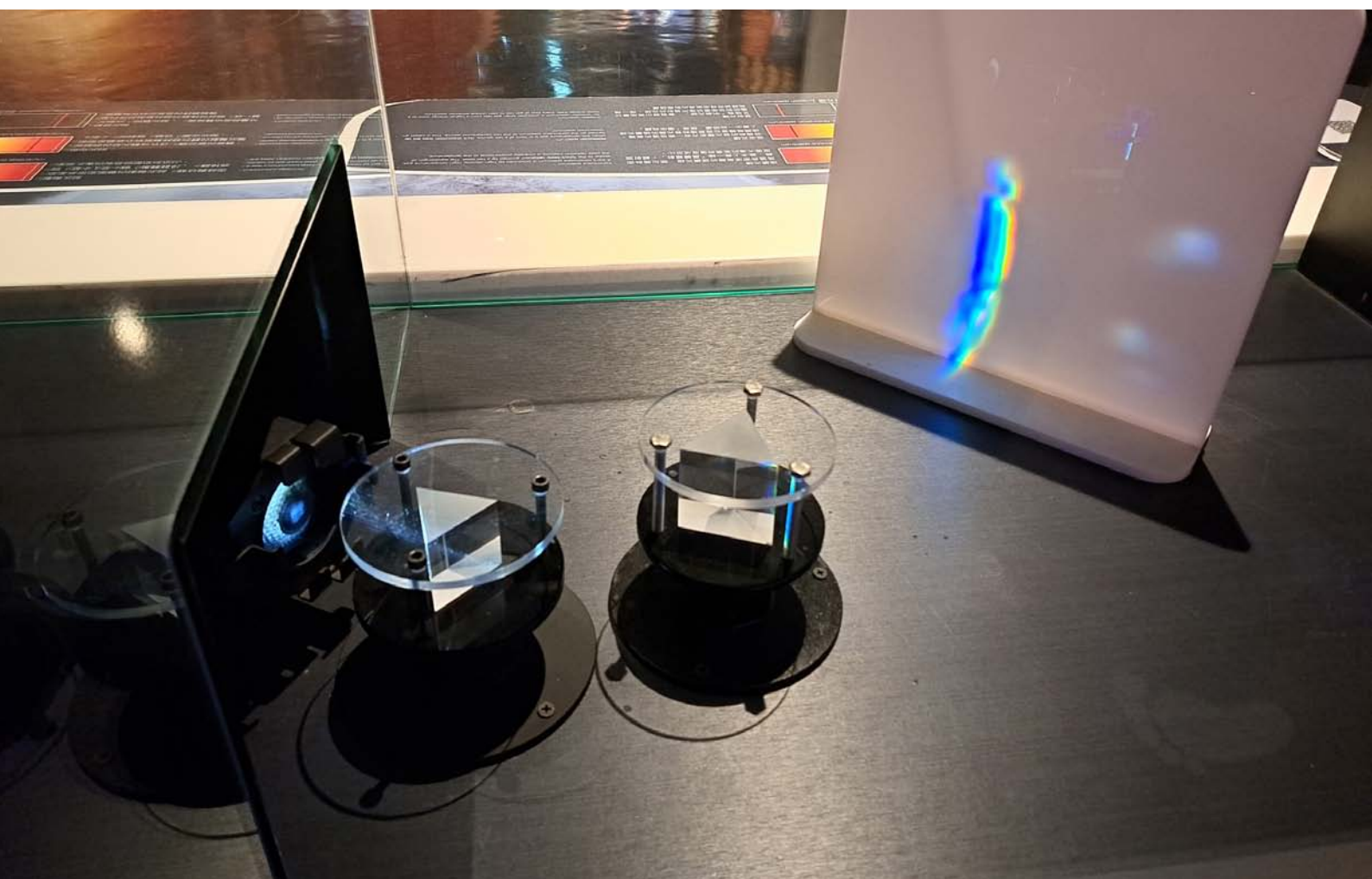


圖1. 牛頓將三稜鏡放在陽光下分析出七彩色光，開啓了後世對於光譜的研究。

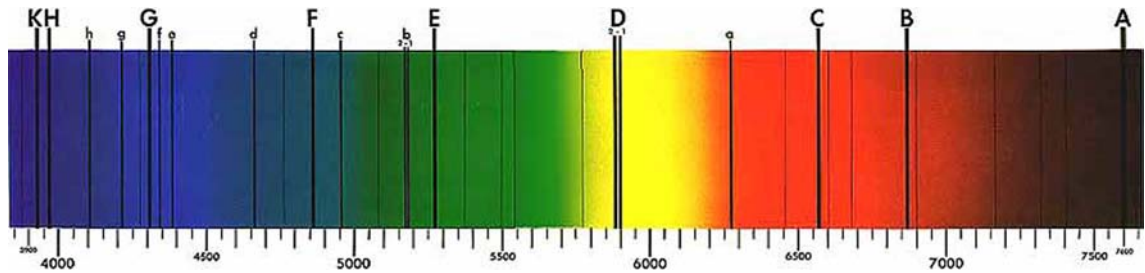


圖2. 夫朗和斐將太陽光譜中的暗線一一標記位置與編號。

從陽光中分出的七彩光：光譜

英國物理學家艾薩克·牛頓 (Isaac Newton) 將三稜鏡放在陽光下，發現了眼睛所見的白光在經過三稜鏡之後被分析出7種顏色的光。他在1704年出版的《光學》一書中主張白色的光是由各種不同顏色的單色光組成，每個色光通過玻璃的折射率不同，讓原本混在一起的單色光被分析出來，而這條被分析出來的色帶就被命名為「光譜」。不過，科學家很快地發現太陽光並不是單純地由各種顏色的單色光組成。

隨著觀測儀器的解析度提升，科學家發現原本應該是由連續單色光組成的太陽光譜，其中出現了不少單色光缺失的暗線。1814年德國物理學家約瑟夫·夫朗和斐 (Joseph von Fraunhofer) 透過分光

儀，成功辨識出太陽光譜中超過570條的暗線，並依照暗線的強弱與順序分別以英文字母命名。暗線所對應的光去哪了？有一次夫朗和斐突發奇想將鈉燃燒產生的光利用分光儀觀察，意外發現鈉光譜中的兩條線與太陽光譜黃色光中的D暗線波長相同，不過當時他並無法解釋為什麼有這種巧合，直到四十多年後才有了初步解答。

光譜中的化學指紋

1850年代德國科學家克希何夫 (Gustav Kirchhoff) 與本生 (Robert Bunsen) 兩人在海德堡大學利用本生發明的一種焰光亮度較低的燃燒器 (現稱為本生燈)，以及新開發的分光鏡開始了光譜分析的研究。他們首先進行氯化鋰燃燒實驗，和夫朗和斐實驗一樣在黑暗的背景中出現了帶有特定

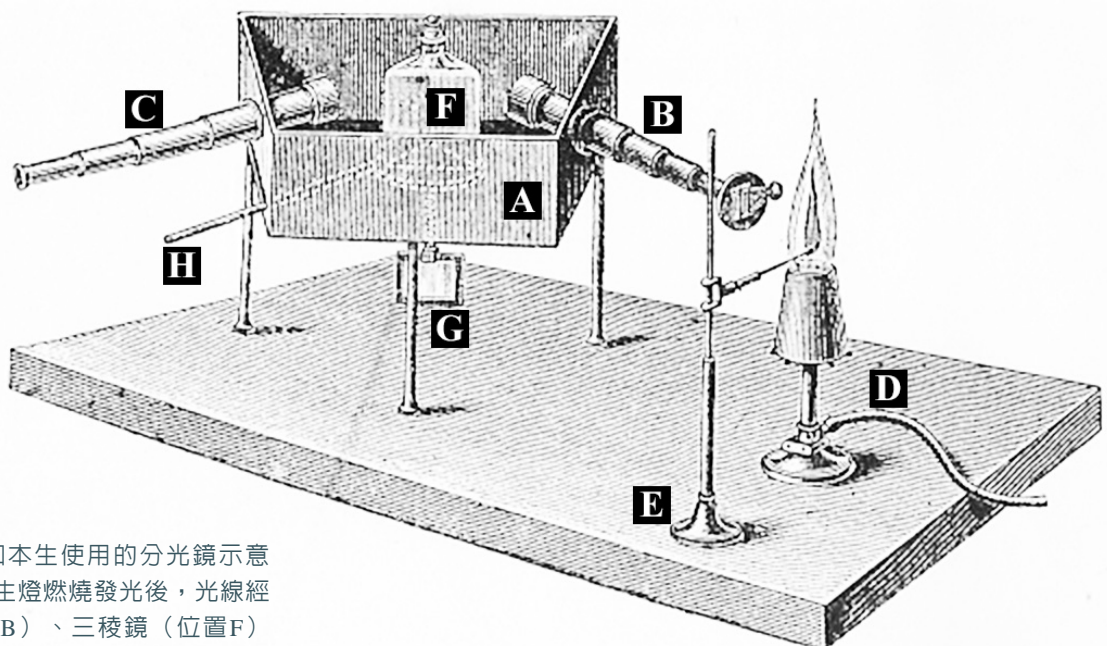


圖3. 克希何夫和本生使用的分光鏡示意圖，物質藉由本生燈燃燒發光後，光線經由望遠鏡 (位置B)、三稜鏡 (位置F) 後，可從望遠鏡 (位置C) 看到譜線。

顏色的亮線，但當克希何夫讓強烈的太陽光透過氯化鋰的火焰時，卻發現太陽光中與亮線相對應的位置出現了暗線。克希何夫接著利用高熱的石灰產生連續的光譜，再讓石灰的光通過鈉的火焰，結果就在D線的位置出現了和太陽光譜一樣的暗線。

克希何夫透過實驗歸納出三個結論：第一、熾熱的固體（如實驗中的石灰）會發出連續性的光譜。第二、熱且稀薄的氣體（如前述實驗中在火焰中氣化的氯化鋰、鈉元素）會放出特定波長的光。第三、熾熱的固體周圍若被比固體冷且稀薄的氣體包圍，其連續性的光譜會在特定波長處出現不連續。這三個光譜型態依序被稱作「連續光譜」、「發射光譜」與「吸收光譜」。

不同的元素燃燒後會產生獨一無二的發射光譜，而帶有連續光譜的強光穿過氣化的元素，則會在與發射光譜一樣的位置出現暗線，因此只要知道該元素的光譜就能分析出物質的成分，反過來也可以從未被識別譜線中找到新元素。兩人在幾個月後果真在瑞士的礦泉水沉澱物光譜中找到了兩條沒看過的藍色譜線，並將發出這兩條藍色譜線的元素命名為「鉯」（Cesium）。有了克希何夫的發現，天文學家得以透過恆星光譜知道恆星的化學組成，彷彿指紋一樣鑑定出恆星的身分。



圖4. 展示場內透過鈉燈的不同配置，可以看到燈泡的連續光譜（左）與帶有D線的吸收光譜（右）。



圖5. 從偏光片約45度角斜看，現場陳列的4組元素燈會有不同特徵的發射光譜。圖為氫氣燈所發出的發射光譜。

鑑定恆星身分的光譜型

有了光譜分析這項利器，義大利天文學家西奇（Angelo Secchi）首先在1870年代根據氫、碳、金屬等元素光譜特徵將恆星分成5類。隨後由哈佛天文臺長皮克林（Edward C. Pickering）主持，弗萊明（Williamina Fleming）等多位女性天文學家協助整理資料下，哈佛天文臺在1890年出版了第一版的亨利·德雷伯星表（簡稱HD星表），裡頭將上萬顆的恆星依據氫譜線的強弱，將恆星依照英文字母A到P進行分類，無法分類的則分類為Q型，共計17種恆星光譜類型，成為現代恆星光譜分類的基礎。

不過，隨著原子物理和熱力學理論的進展，科學家知道恆星的顏色（光譜中能量最高的色光）反映了其表面溫度的高低，而氫譜線的強度在特定溫度下達到顛峰後，過熱或過冷都會讓氫譜線強度下降。因此依照舊分類法，被分在同一類型恆星的表面溫度可能差

異甚大。於是，哈佛天文臺的安妮·坎農（Annie Jump Cannon）決定重新將恆星光譜分類依照表面溫度／顏色分為O、B、A、F、G、K、M型等7類。字母沿用舊分類的代碼，因此並不按照字母順序排列。透過這些科學家的光譜分析與詳細的資料整理，人們終於可以藉由星光傳遞的訊息，更加了解距離我們極為遙遠的恆星。

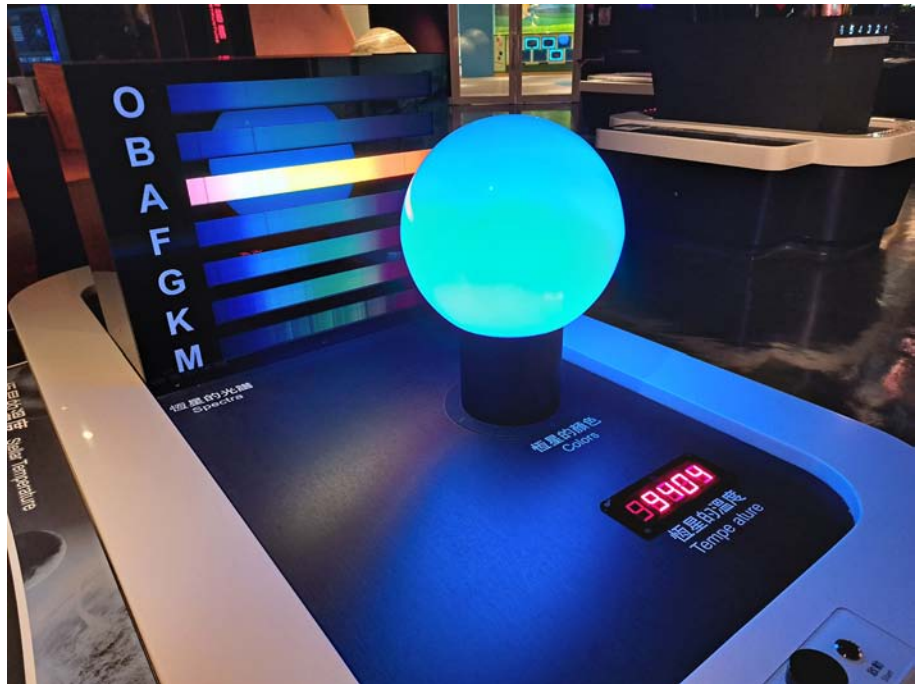
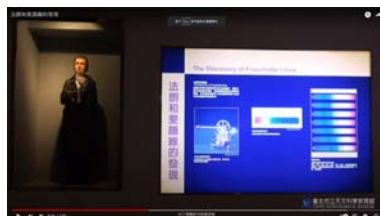


圖6. 現行天文學家所使用的7種恆星光譜型分別對應到不同的溫度區間，可使用轉鈕調整溫度看看恆星會呈現什麼顏色。

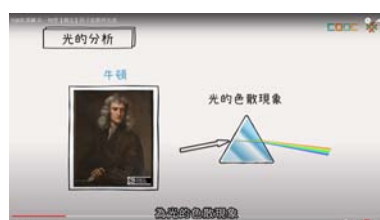
王彥翔：臺北市立天文科學教育館

YouTube相關影片：



夫朗和斐譜線的發現

<https://youtu.be/9mwxfoaWzww>



108新課綱 高一物理【觀念】原子能階與光譜

<https://youtu.be/10XnbhRPVEU>