

百變天龍——化學元素週期表

新店高中◆王瓊蘭 老師

我想寫一篇關於化學元素週期表（表一）的文章，孩子立刻脫口而出：「週期表有什麼好寫的？還不就長那個樣子嘛！」國內學生所看到的週期表，不是附在化學課本的封面、封底或夾頁裡，就是掛在實驗室的牆壁上；像是守護神般，一副道貌岸然、令人望而生畏的樣子。表面上是將已知的元素，按照既定的原子序，羅列在格子裡；內部卻是左右聯姻，上下一族，性質相似的元素匯集在同一行中；如此巧妙的結構，渾然天成，目前只剩下 117 號一個空位，正預告著週期表已臻完整，即將拓展到宇宙深處，所蘊藏的元素當中。

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	* Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	** Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
* 鑷系元素			* 57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
** 錒系元素			** 89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		

表一：化學元素週期表

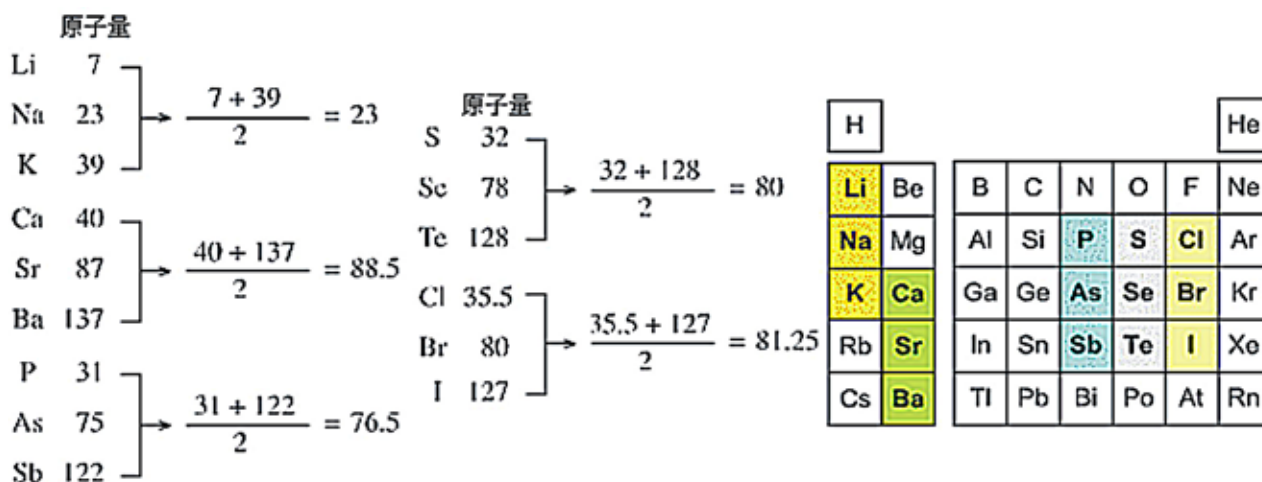
週期表對於化學家來說，猶如教徒手中的聖經般；平時用於輔助化學的研讀，藉以擷取嵌入其中的元素訊息；實驗時用來按圖索驥，類推出相關元素的性質，以縮短嘗試錯誤所花費的時間。因此，有許多學者早已將週期表，完全映入腦海中，隨時存取並思考所需的元素特性。

今日有賴便捷的網路，得以縱覽許多風格特異，不同型態的週期表：有人物主題、恐怖鍵盤、化學銀河、易經八卦、立體模型、卡通、日用商品、猜謎遊戲、漫畫以及刺青……等，提供完備的元素訊息，與饒富趣味，引人入勝的知識饗宴。

正統週期表的演化

貝萊納的三元素組 (triads)

1829 年德國化學家貝萊納 (Johann Dobereiner, 1780~1849)，發現三個類似的元素，若按照原子量的順序排成一組，中間元素的原子量，會是上下兩元素原子量的平均值 (表二)。這種從已知少數元素性質當中，歸納出特性的做法，為元素格式化雛形的開端。



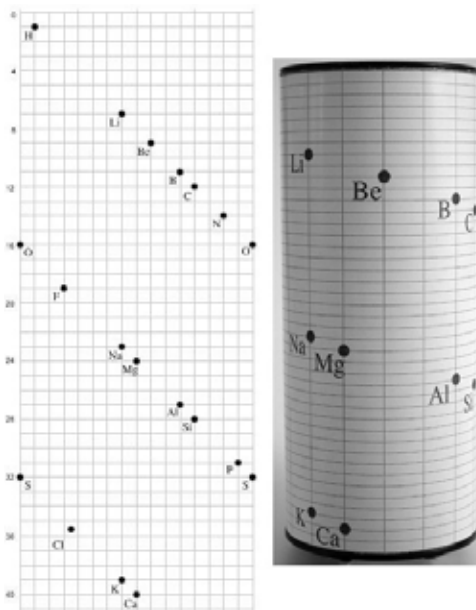
表二：貝萊納的三元素組

德尚寇特斯的螺旋圖 (telluric helix)

1862 年法國地質學家德尚寇特斯 (Béguyer de Chancourtois, 1820~1886)，把當時已發現的 62 種元素，按照原子量的相對大小排列，畫在坐標紙上，然後捲成圓筒狀，竟然發現它們沿著筒面呈螺旋線規則的排列 (圖一)，如此拓荒者的行徑，開闢出整體元素週期性的特徵。

邁耶爾的原子價表 (Meyer's valence table)

1864 年德國化學家邁耶爾 (Julius Lothar Meyer, 1830~1895)，按照原子量遞增順序，將 28 個元素劃分成六個家族。他主要是從元素的原子價與物理性質方面著手，吸取前人研究的成果，歸納出元素的週期律，然後製成表格，稱為邁耶爾的原子價表 (下頁表三)。



圖一：德尚寇特斯的螺旋圖



Meyer's Valence Table						
Die Moderne Theorien der Chemie... (1864)						
	4 werthig	3 werthig	2 werthig	1 werthig	1 werthig	2 werthig
					Li = 7,03	(Be = 9,3?)
Differenz =	---	---	---	---	16,02	(14,7)
	C = 12,0	N = 14,04	O = 16,00	F = 19,0	Na = 23,05	Mg = 24,0
Differenz =	16,5	16,96	16,07	16,46	16,08	16,0
	Si = 28,5	P = 31,0	S = 32,07	Cl = 35,46	K = 39,13	Ca = 40,0
Differenz =	89,1/2 = 44,55	44,0	46,7	44,51	46,3	47,6
	---	As = 75,2	Se = 78,8	Br = 79,97	Rb = 85,4	Sr = 87,6
Differenz =	89,1/2 = 44,55	45,6	49,5	46,8	47,6	49,5
	Sn = 117,6	Sb = 120,6	Te = 128,3	I = 126,8	Cs = 133,0	Ba = 137,1
Differenz =	89,4 = 2×44,7	87,4=2×43,7	---	---	71 = 2×35,5	---
	Pb = 207,0	Bi = 208,0	---	---	(Tl = 204?)	

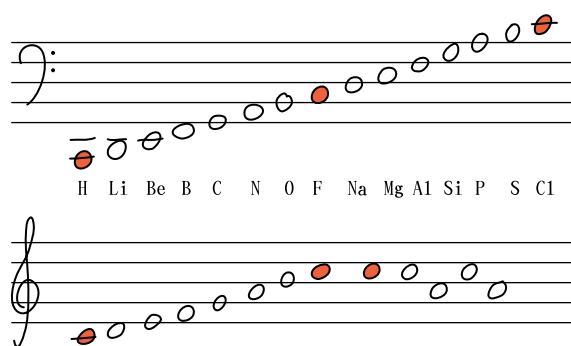
表三：邁耶爾的原子價表

紐蘭茲的八音律 (law of octaves)

英國化學家紐蘭茲 (John Newlands, 1837~1898)，將已知元素按照原子量遞增的順序排列時，發現每到第八個元素就與第一個元素性質相似；由於他從小受到母親的影響，愛好音樂，覺得元素像音符般，每八個音階就會繚繞一遍，於是稱它為八音律，並畫出元素的樂章 (圖二)。

1865年3月，紐蘭茲在化學協會 (Chemical Society) 中發表演說時，立刻招來聽眾的訕笑，沒想到元素也可以配樂喔！他將尚未發現的元素留下空位，並把兩種不同的元素擠在同一空格中，如此大膽行徑，不同流俗，卻被誤認是純理論的敘述，而被出版委員會摒棄於門外，拒絕刊登此篇論文。這令紐蘭茲十分委屈，備感羞辱並自此不再鑽研週期表，轉而投入製糖工業的研發。

四年後 1869 年，門得列夫發表首張世人所公認的週期表時，反而印證了當年紐蘭茲的觀點，的確是被輕忽掉了，儘管紐蘭茲馬上提出抗議，但為時已晚。直到 1884 年化學協會才再刊登出一篇有關他所論述的週期律文章，以示對他先前不公平待遇的彌補。而在他逝世百週年後，1998 年英國皇家學會頒贈了一塊藍色的匾額 (圖三)，掛在他出生地的牆壁上，算是承認其貢獻；碑文裡刻印著「發現化學元素週期律的化學家」。



Cl K Ca Cr Ti Mn Fe Cobalt/Nickel something is wrong!

圖二：紐蘭茲的八音律



圖三：1998 年英國皇家學會頒贈紐蘭茲的藍色匾額

門得列夫的週期表 (Mendeleev's Periodic Table)

俄國化學家門得列夫 (Dmitri Mendeleev, 1834~1907) 與德國化學家邁耶爾, 都曾在德國海德堡大學師事科學家本生 (Robert Bunsen, 1811~1899) 達五年之久。兩人也都於 1860 年參加了卡爾斯魯厄會議, 會中對於坎尼札羅 (Stanislao Cannizzaro, 1826~1910) 所演說的亞佛加厥假說印象深刻。由於兩人皆以先行者為借鏡, 同時在編寫無機化學教科書, 為了使內容更加系統化; 於是, 個別潛心研究出元素的規律性。

門得列夫是從元素的化學性質著手, 大刀闊斧的直接規畫, 忽視掉少數元素, 原子量大小順序顛倒的現象, 將一些公認元素的原子量作理論上的修正, 並留下空位, 等待新元素的發現, 算是週期表的發明者; 邁耶爾則側重於元素物理性質的變化, 按照原子量的遞增, 前後排列, 可謂是週期表的組織者。門得列夫與邁耶爾幾乎在同時 1869 年前後, 發表不同的週期表; 而究竟誰才稱得上是週期表的締造者, 在往後的十數年歲月當中, 一直被人爭論不休。結果, 陸續於 1875 年發現鎵 (Ga)、1879 年發現釷 (Sc)、1886 年發現鍺 (Ge) 等元素, 才證明門得列夫的預測完全正確, 而他似乎也略勝了一籌。

有人說門得列夫是在玩牌、作夢中, 因為運氣好, 才發現週期表的; 曾有記者問他說: 「聽說您的發現, 是偶然間的好運到來。」門得列夫聽了, 十分惱怒的說: 「這個問題我思考了將近二十年的時光, 而你卻認為坐著不動, 一行一行寫著, 突然間就完成了, 世上哪有那麼簡單的事呀!」門得列夫是一位政治上的自由主義者, 雖擁有名人光環與科學家威望, 用來維護自身的言論, 卻仍受到某種程度的干擾與打壓; 儘管在當時, 他已是一位享譽全球的科學家, 但還是得不到俄皇亞歷山大二世的青睞, 因此, 從未被推選為俄國國家科學院的院士, 到了 1890 年, 門得列夫甚至辭去了聖彼得堡大學教授的職務。晚年的他, 在無法接受原子可被分割的事實裡, 不斷煎熬著; 既期待能揭開週期表中, 少數元素原子量, 大小順序顛倒的迷團, 又害怕新發現會打破他辛苦創建的週期表, 因而總懷著矛盾的心情度日。1907 年 1 月 20 日清晨, 一代大師因肺炎逝世, 享年 73 歲。在他殞沒時, 手裡還握著筆, 面前的寫字檯上放著一本未完成的科學與教育相關著作; 其出殯時送葬的隊伍, 長達數萬人之多, 在隊伍的前面, 由學生們高舉著一塊大木板, 板上畫著元素週期表, 代表他一生的曠世鉅作。

由於時代的局限性, 門得列夫的週期表, 在往後歲月的錘鍊中, 不斷顯現出錯誤來。這正有如「地心說」抱持著以人為本的觀點時, 往往會誤以為地球就是宇宙的中心, 而其他星球都是繞著地球運行。一旦範疇擴大後, 就會遮蔽掉整體太陽系運行的規律性, 而顯得雜亂無章; 必須等到宇宙觀測的數據夠豐厚時, 再以「日心說」為準則, 化繁為簡, 實現天文學的根本變革。事實



1904 年坐在書房裡的門得列夫



刻在木板上的門得列夫週期表



上，早期量子物理基本上是建立在元素週期性的數據裡，並涵蓋在元素化學性質的規律性中。但是，到了 1913 年，英國物理學家莫斯利（Henry Moseley，1887~1915）研究元素 X 射線標識譜時，發現了元素新的排列順序，因此建立了原子序的新觀念；就此以後，元素的週期性，再度從化學性質回歸到物理性質的規律中，成為今日通用的週期表。

1955 年門得列夫過世近 50 年後，科學界將週期表上第 101 號元素，以他的名字命名為鐳（Mendelevium， $^{258}_{101}\text{dM}$ ），也象徵著百位元素後開啟的元素大門。

人物主題週期表

諾貝爾獎得主及其發現元素的週期表

發現新元素不容易，同時獲得諾貝爾獎更難得。能為新元素命名，或者作為元素名稱的科學家，實乃鳳毛麟角，可享受無上的殊榮。大英百科全書將前述人物與其發現的元素，並列在週期表當中，編印成一張極具特色的週期表（http://www.britannica.com/nobel/chem_elements.html）。

日本諾貝爾得主的週期表

日本在 2000 年~2002 年連續三年，湧現出四位諾貝爾科學獎得主；他們分別是化學獎得主白川英樹、野依良治、田中耕一



和物理學獎得主小柴昌俊。因而狂傲的誇下海口，二十一世紀五十年內要獲得三十個諾貝爾獎，無論如何，一切等待時間來證明。2005 年日本文部科學省印製了一張週期表（見上圖），可見日本旺盛的企圖心，正從莘莘學子抓起，並扎根在週期表裡。

週期表的恐怖鍵盤

週期表上除了有讓人聞之色變，如：銻、砷、汞、氟、氯和溴……等，有毒元素之外，還有放射性的元素，如：鎔、釷、釷和鐳……等，它們有的存在於自然界中，有的是在實驗室裡，由科學家研製濃縮出來，常悄無聲息地放射出輻射線，影響著周遭環境與生物。倘若週期表化身為恐怖鍵盤時，人們可得小心、謹慎的操弄每一根手指頭。



2006 年底發生一件轟動國際的謀殺案，前俄國間諜利特維年科 (Alexander Litvinenko, 1962~2006)

於移居英國成為公民後，突然地慘遭毒殺身亡。此事件頗為離奇，在他的遺體裡檢驗出含有高劑量的釷 210，此劑量只有在國家級，並擁有核反應爐的實驗室裡才製造得出來。又它之所以受人矚目的原因之一，是釷 210 的毒性，為同重量氰化物的兩億五千萬倍，比氰化物更恐怖的，則是它並沒有解毒劑，只需一粒塵埃大小的劑量就足以致命。

釷 210 是居里夫人在 1898 年，從瀝青鈾礦渣中分離出來的，為了紀念她的祖國波蘭 (Poland)，而被命名為釷 (Polonium, $^{209}_{84}\text{Po}$)，半衰期 138 天，可來自泥土中，含量極微，如果經由飲食進入到人體，不會造成傷害。但是其同位素的釷 210，則具有放射性，在衰變過程中會釋放出大量的 α 射線，所以只要少量作為毒藥時，若是吸入、吞入或被注射入血液後， α 射線就會殺害或促使正常細胞病變成腫瘤細胞。其中身體最先遭受到損害攻擊的部位，就是快速分裂的細胞，因而會出現骨髓抑制、白血球遽降、頭髮大量掉落、消化道粘膜受損等症狀。不過， α 射線的穿透力極弱，一張紙或沒有傷口的皮膚就能阻隔掉它。所以，可以推論出，此謀殺案的施毒者，有可能是將釷 210 裝進玻璃瓶裡，或是放入信封袋中，伺機撒入受害者的食物或飲水裡，偷偷下毒的。

由於釷 210 能釋放出 α 射線，具有強烈的游離能力，因此可作為骯髒彈 (dirty bomb) 的材料。什麼是骯髒彈呢？所謂骯髒彈，是泛指具有放射性、非核爆的炸彈，裡面填塞放射性材料以及黃色炸藥……等。當它爆炸時，會將物質拋灑於空氣中，讓塵埃汙染變成具有放射性的微粒，屬於災難性的生態破壞，所以又稱為放射性散布裝置。骯髒彈是恐怖界盛傳用來侵擾富庶國家的武器，其施放的目標為經濟繁榮、人口密集區，使得該區在數年中，變成高汙染的放射區而地價大跌，退化成不適合人居住的環境。據報導在上述的謀殺案中，檢測出來釷 210 的劑量，於黑市間的叫價，已高達二千五百萬歐元 (€25,000,000) 了。

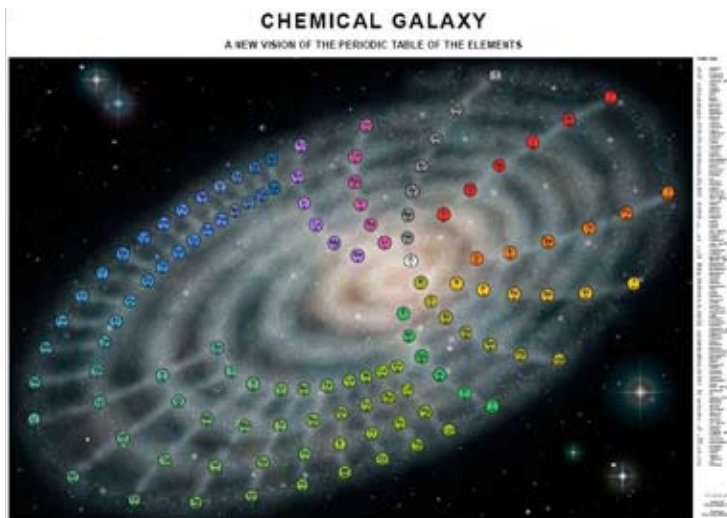


風格迥異的週期表

化學銀河系週期表

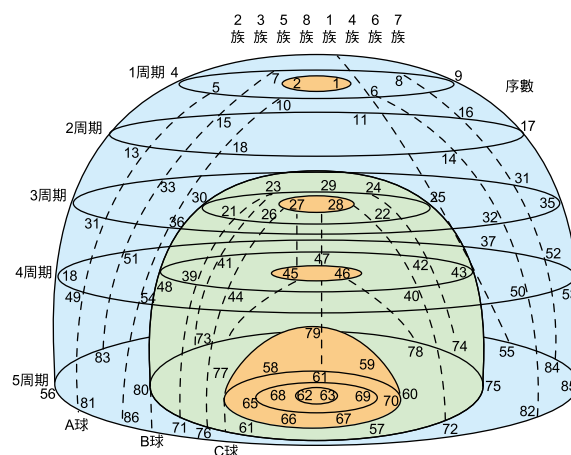
化學銀河系（chemical galaxy）週期表（右圖，註①），是按元素原子序的大小排列；異於尋常的是銀河系的中心樞紐為中子（neutron, ${}^1_0\text{n}$ ），它被視為原子序等於零的第零號元素。

中子從中心呈螺旋狀向外放射排列，貫通整個星系，聯結分子學與天文學。其製作的用意，並非是想取代傳統熟悉的週期表，而是要激發人們更大的想像力，和喚醒宇宙深處的秩序。



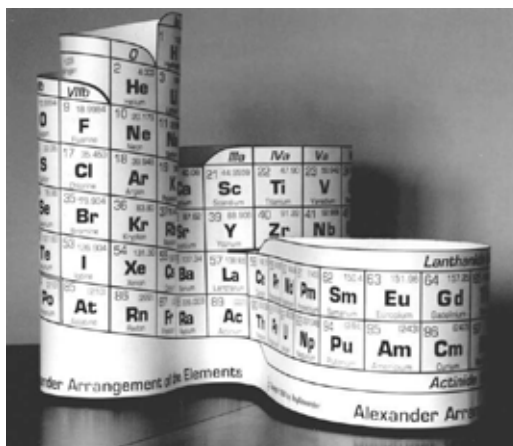
易經八卦週期表

中國古《周易》裡指出「易有太極，是生兩儀，兩儀生四象，四象生八卦」其以抽象的觀念，將物質劃分。元素按照八卦河圖，一一裝入太極球中。於是，一個三層、套疊、立體的元素週期球，便應運而生；它代表著天人合一、抽象、宇宙觀的週期表。



立體模型週期表

週期表可以製成立體模型，例如：大象、大樹與大樓屹立著（下圖，註②），科學家隻手掌控著地球儀（註③），舉重若輕的，似乎意圖通曉，遍布在球體表面上，所有的元素。



卡通週期表

我有位學生在化學報告上寫著：「記得小時候，爸爸帶我搭飛機飛到高空時，拿出一張週期表給我看，我覺得很有趣，從此就喜歡上化學了。」青青子衿的孺慕之情，溢於言表。

一張硬梆梆的週期表，對於學生來說，除了記憶就是考試，哪來的魅力？竟然還能啟發孩子的夢想，簡直叫人難以置信。不過，看了卡通週期表（註④）後，也就心有同感了。

卡通週期表，揭示出原子相互交融的現象；插圖簡單生動，對話幽默風趣，叫人忍俊不住，不禁拍案叫絕。茲舉三例為證：

鐵（Fe）口沫橫飛的說：「人們老是說『堅如鋼鐵』」。

鉀（K）的特性是「玩水自焚」，當鉀看到水時，嚇得哇哇大叫：「救命呀！這兒有水」。

鎢（W）！被抹黑了。元素們至今還沒有不雅的封號，卻偏偏有人喜歡惡作劇的，在大門上W旁塗寫一個C字；害得鎢只好氣呼呼、半掩著門，對外大聲叫喊著：「快停止這種無聊的遊戲與嘲弄吧！」

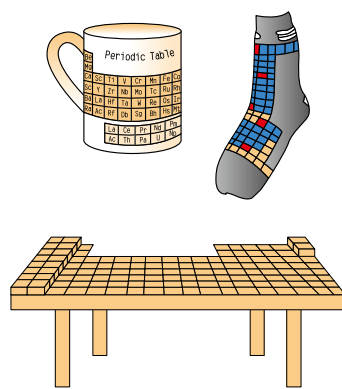
這種週期表，按照正規週期表的排列方式，將元素的性質以輕鬆的筆調描繪出來，不單吸引孩童的注目，連專業化學家也讚賞不已。海報原創是由斯拉夫米爾寇斯（Slavomir Koys）藝術製作，該公司接受各國的訂製，並可翻譯成所屬語言的文字後再出售。

生活中的週期表

日用品中的週期表

週期表沒有專利權，是大家共用的知識財產。化學家一再強調：在我們的周遭充滿著化學物質，化學是與生活息息相關的一門科學。的確如此，但是，不要騙人了，化學作為一門專業的知識，給人的感覺仍是深奧、繁雜、多且難的。誠如本文最前段所言，週期表總是高掛在化學實驗室裡，或深藏在教科書內，代表著元素的索引與圖騰，一般人是看不懂，也用不著的。

當週期表製成商品、日用品和玩物……等，而普及化時，方才拉近了與一般人的距離，顯示較貼近人性的一面，例如：紙杯、馬克杯、襪子、桌子和撲克牌……等，以週期表作為圖案，設計出的日用品，除了可美化器物外，並能增添生活的一些樂趣。



日用品中的週期表

