

化學

Chemistry Search

搜查線

第17期



本期刊物電子檔

55401N B

COVER STORY

專案特搜1 p.2

液面上的華爾滋

清潔劑液面的彈跳現象

專案特搜2 p.8

愛用黑板與粉筆

專案特搜 1



液面上的華爾滋 清潔劑液面的彈跳現象

教師 劉曉倩

國立彰化高級中學

教育部高中化學學科中心

torrina01092002@yahoo.com.tw

Honey 會跳舞

黏滯性高的蜂蜜如果由適當高度流下，形成一細小的流動液柱，在流體接觸到平面時，常會自行螺旋捲曲成為中空圓柱狀的繩捲型態，稱為蜂蜜線捲（honey coil）或液體繩捲（rope coil）。這是個容易觀察、卻牽涉到力學與流體力學的複雜物理現象，所以時常被中學或大學物理教師當作力學的討論主題，藉以刺激年輕學生進行討論，甚至還被列入2013年國際青年物理學家競賽的題目。繩捲現象的正式學術研究可以追溯至1958年，由巴恩斯（George Barnes）與伍德考克（Richard Woodcock）兩人首先發表「液體繩捲效應」（Liquid Rope-Coil Effect）一文，其中提到流體看起來是繞著一個垂直於接觸平面的軸線旋轉，但是液體粒子本身其實並沒有繞著軸旋轉。兩人以力學的角度，針對此一現象作系統性的討論，發現從不同高度垂落而下的蜂蜜會折疊、堆積，形成各式各樣的「舞姿」，而這類「舞姿」的秘密則藏在尺的屈曲現象與圓周運動之中（如圖1）。

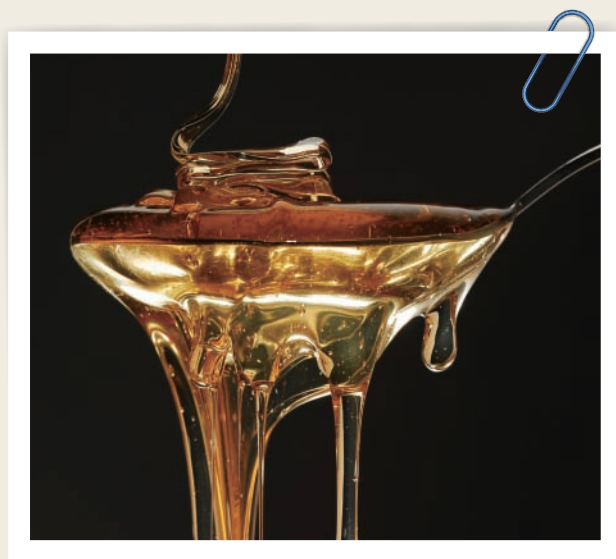


圖1：蜂蜜繩捲現象



精彩影片搜尋：

Honey—Coil Rope Effect



清潔劑也跳華爾滋？

然而所有黏滯性高的液體都會有這種現象嗎？筆者的學生觀察到，把洗碗精的塑膠壓瓶壓頭打開拉高距離液面一段距離，成細流而下的洗碗精一開始也有繩捲纏繞現象，但接著底部會形成小隆起，隨後出現一條束狀濺射，甚至彈跳半徑可達10公分之遠，如同跳華爾滋般華麗而壯觀。這些奇妙的現象激起我們高度的好奇心，於是上網查找資料及參閱書籍，得知此彈跳現象稱為「凱氏效應」（Kaye effect）。但是，是否每一種清潔劑都會有彈跳現象呢？我們開始著手研究市售各種清潔劑的彈跳現象，發現所有的清潔劑主成分是界面活性劑，所以知悉各種界面活性劑的性質，透過系統性的實驗設計及分析，應該可以找出發生彈跳現象的原因。同時希望運用清潔劑液面特殊的彈跳現象判斷清潔劑的成分，藉此了解界面活性劑之間及其功效的差異。

界面活性劑的介紹

原理

界面活性劑主要是讓兩個互不相溶的接觸面，不再排斥彼此靠近的物質。舉個例子，如果你將沙拉油和水倒在同一個杯子裡，稍微搖動混合後靜置，一段時間後會發現水沉在下層，油浮在上層

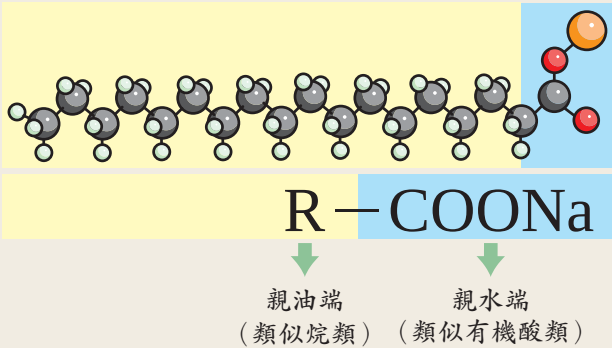


圖2：長鏈脂肪酸金屬鹽

（油的比重比水小），呈現油水分離。這時，加入幾滴清潔劑搖晃一下，油和水就均勻混合了。

人類最早使用的清潔劑為肥皂，又稱作長鏈脂肪酸金屬鹽（如圖2），如：硬脂酸鈉（ $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ ）及軟脂酸鈉（ $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$ ）。現今常用的人工合成清潔劑組成則為長鏈烷基硫酸鹽類，如：正十二烷基硫酸鈉（ $\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{CHOSO}_3\text{Na}$ ），以及長鏈烷基苯磺酸鹽類（ $\text{R}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{Na}$ ）， $\text{R}=-\text{C}_9\text{H}_{19}\sim-\text{C}_{15}\text{H}_{31}$ ），如：正十二烷基苯磺酸鈉。

種類

生活中舉凡食品、藥品、肥皂、洗碗精、清潔劑、洗衣粉、洗髮精、潤絲精、沐浴精、化妝品、殺蟲劑都有界面活性劑的存在。依它在水中親水端的帶電性，大致可分為陰離子界面活性劑、陽離子界面活性劑、兩性離子界面活性劑、非離子界面活性劑，如表1所示。

表1 界面活性劑的種類與特性

種類	陰離子界面活性劑	陽離子界面活性劑	兩性離子界面活性劑	非離子界面活性劑
例子	脂肪酸鹽，如椰子油脂肪酸鉀；烷基硫酸鹽，如月桂醇聚醚硫酸脂鈉鹽（SLES）、烷基聚氧化乙醚硫酸鈉	脂肪銨鹽，如溴化十六烷三甲基銨	甜菜鹼類，如椰油醯胺丙基甜菜鹼	如聚氧乙烯烷基醚（AE）、聚氧乙烯—聚氧丙烯醇
特性	清潔效果佳	價格較高，但具有殺菌、潤絲、抗靜電等優點	可降低陰離子界面活性劑的刺激性	具有親水性及疏水性鏈長度均可改變的優點，清潔效果差但易起泡，且可增加黏性、溶解香精
產品	洗衣精、洗髮精、沐浴用品	潤絲精、衣服柔軟精	嬰兒清潔用品	化妝用品

液面彈跳現象揭密

「凱氏效應」是當液體（如清潔劑）在一定高度流下時，碰到下方堆積的液體，黏滯性迅速改變，亦即當液體落下過程，並沒有剪力作用因此黏滯性大，當接觸到下方液體時速度突然改變，因此流體內產生很大的剪力，黏滯性大為降低，而使液體彈跳出去（如圖3、圖4）。接著說明造成彈跳現象的因素。



圖3：清潔劑滴下時液面彈跳現象



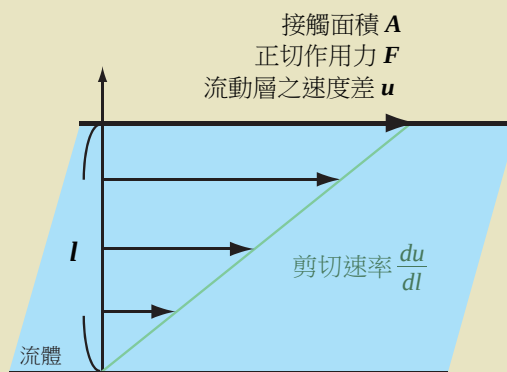
圖4：清潔劑滴下時液面先產生堆積，接著開始彈跳

彈跳現象發生的主因：黏度

液體不同部位相對運動時，所產生的內部阻力稱為黏度。黏度大小受物質之種類、濃度及溫度等因素影響。

牛頓黏度定律

二相鄰兩流層單位面積之阻力 $\frac{F}{A} = -\eta \frac{du}{dl}$ ，
式中 F 為二流層間之正切作用力、 u 為相鄰流動層之速度差、 A 為二層之接觸面積、 l 則為二層間之距離。



液體的流動可以牛頓黏度定律表示。若液體流動行為不符合此定律，像是高濃度的膠體溶液及膠體形狀為非對稱或呈凝聚狀，屬於非牛頓流體。經由查閱資料得知，清潔劑多屬於非牛頓流體。

造成彈跳現象的另一因素：電導度

電導度（Electrical Conductivity，EC）的量測值是一重要指標，可用以代表水質、泥土或其他介質的相關性質。EC值的意義代表在一定體積內溶液內離子的導電能力，可移動且帶正負電的離子愈多，電阻就愈小，導電能力愈強，EC值就愈高。使用EC量測可以得知溶液中離子的導電能力，但是無法告知是哪些離子。測電導度的目的在於可以推論出膠體溶液的微胞濃度，也就是當膠體溶液中的電導度到達最大值時的濃度。超過微胞濃度的膠體溶液，其電導度會開始下降。



由實驗結果推測，黏度是造成膠體形成的主因，在一定的黏度範圍內，彈跳範圍半徑隨清潔劑電導度值增加而增加，但若是黏滯性太高，則彈跳半徑就會縮短甚至不彈跳。

彈跳學問大

筆者進行實驗的結果如下：

- 1.市售清潔劑中花香5號沐浴乳的彈跳半徑最大，測其電導度值是白鴿洗衣精的0.71倍，黏度值是其0.5倍，但是彈跳半徑是白鴿洗衣精的1.2倍。
- 2.市售清潔劑及純界面活性劑一經稀釋後流速變快，彈跳現象瞬間消失，推測可能原因是黏度下降，無法在滴落過程形成堆積。
- 3.將具彈跳現象的清潔劑升溫，發覺溫度由22℃升高至42℃時液面彈跳半徑增加，溫度超過42℃時彈跳半徑下降，溫度更高時甚至彈跳消失，且出現液面凹陷的現象，足見溫度改變會影響清潔劑黏度，進而對液面彈跳造成影響。

超級比一比：蜂蜜繩捲與清潔劑跳華爾茲的差異

蜂蜜只有繩捲現象，並不會像清潔劑產生液面彈跳，主因推測是黏滯性過高且電導度值較小；其他如黏滯性高的甘油（丙三醇）及膠水（聚乙烯醇）都沒有彈跳現象。

清潔劑中又以含有陰離子界面活性劑較多的洗衣精及洗碗精的彈跳效果較佳，推測可能是其具有黏滯性且電導度值較高的關係；至於一般冷洗精、潤髮乳及柔軟精等在液面都無法觀察到彈跳現象，檢視其成分，發覺這類以抗靜電為主力的清潔劑大多是含有陽離子界面活性劑。陽離子界面活性劑成本高，廠商基於成本考量應該只是酌量添加，但為了質感濃稠，方便添加，通常會再加入增稠劑（如：甲基纖維素）增加黏稠度，如此一來其電導度值相對偏低，所以沒有彈跳效果，故只出現如蜂蜜般的繩捲現象。

天然的最好—— 自製家用果皮清潔劑

生命的本源即是化學，化學也是最貼近生活的學問，正因為如此，永續經營概念一直是我們所追尋未來，是大自然生命得以延續的契機。我們雖然無法隨手做出複雜的綠色能源裝置，卻能從生活小地方開始做起。平常不吃的果皮、揀剩的菜葉除了可以自製成有機肥料外，也能透過家庭廚房簡單的處理，將果皮製成實用天然清潔劑以取代合成清潔劑！不管是廚房油污還是清洗水果，天然食材廢棄物再利用，不僅省錢又環保，用起來也更安心。

果皮營養好壯壯

酸苦的柑橘及檸檬皮，具有防癌的功效；有些口感粗難以下嚥的蘋果皮還可預防過敏；有白霧果粉的葡萄皮是天然酵素，能幫助消化果皮所含的營養成分，總之果皮好處比你想像中多。國泰醫院營養師張斯蘭曾表示，有些水果最好連皮一起吃，因為皮在水果最外層，接觸到充沛的陽光，所以皮的顏色通常會比果肉深，營養價值也最高。

檸檬皮含有檸檬苦素，同時還含有豐富的類黃酮及多酚，這兩種成分是抗氧化物質，能有益於脂肪代謝、降低三酸甘油酯，有肥胖困擾的人可以利用檸檬皮的成分幫忙去除過多的脂肪。

柑橘皮，如橘子皮或是柳丁皮，含有類黃酮素，能增強血管功能並對抗發炎反應，此外也含有豐富的果膠，有助排便、降低血壓及膽固醇。

基於上述理論果皮的營養價值遠高於果肉，所以用來做清潔劑的果皮最好是真的廢棄不再使用（例如：鳳梨皮）或者擔心有農藥殘留的果皮，有些婆婆媽媽喜歡用有機檸檬皮來做酵素清潔劑，說去汙效果好而且有機又環保，其實是一種錯誤的觀念。檸檬皮中所含的精萆烯（如

圖5)，是一種環狀單萜烯，廣泛存在於各種香精油，特別是檸檬油、檸檬油、橙子油、佛手柑油、蒔蘿油中。基於同類互溶原理，檸檬油精雖然有溶解油污效果，但經過浸泡時溶解在酒精中的量並不多，真正有去汙效果的應該還是椰子起泡劑的功效。

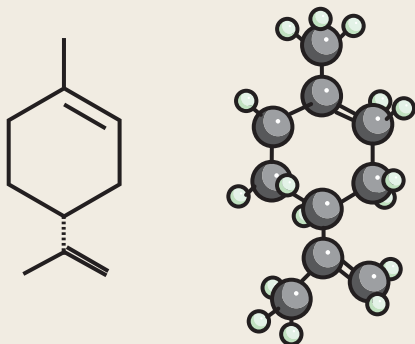


圖5：精萆烯，又稱萆烯（Limonene），坊間所稱的檸檬精油

至於另一個傳言，以高濃度（70%~95%）酒精浸泡檸檬皮會產生酵素且兼具去油污效果，此種說法更是有誤！因為酵素是蛋白質，高濃度的酒精會使蛋白質變性，酵素頓時失去活性，更別談去汙效果了。

家庭化學廚房：手做天然清潔劑

材料：

95%酒精、椰子油起泡劑、檸檬皮（橘子皮）、食鹽、水

步驟：

- 1.刀削檸檬皮，必須是新鮮的果皮，且果皮內的白色部分應刮除勿放入，否則白色部分會吸走精油萃取液，且造成萃取液雜質變多。
- 2.將外果皮，放入玻璃罐中，倒入95%酒精至能蓋滿果皮的程度，然後蓋上蓋子置放於陰涼處，一週後將果皮過濾，此時酒精帶有檸檬香氣（如圖6）。
- 3.加入相當於酒精溶液2~3倍體積的冷水，出現黃色混濁狀，這是因為酒精可當做乳化劑，將檸檬皮成分中的檸檬烯分散於水中所呈現的乳化狀態。



圖6：將檸檬皮浸泡至酒精中，且以玻璃罐裝，以免高濃度酒精浸泡液將塑膠罐溶解

- 4.將2大匙（約30克）的食鹽加入溶液中，儘量混合均勻。加食鹽的目的主要是「增稠作用」，有些網路資訊誤植，表示加入食鹽是作為消泡劑，根本不能增稠，這種說法是有誤的。根據界面化學的書籍及文獻，是有理論佐證食鹽的增稠作用，且筆者實地做實驗研究，發覺食鹽要加得夠多才能增稠，加的量太少，效果當然不明顯。此外筆者實驗發現加入食鹽不會使泡泡變少，反而讓泡泡變得較細緻且量多又持久。
- 5.最後加入約150毫升椰子油起泡劑。椰子油起泡劑很容易結塊，可加入一些熱水幫助溶解，筆者習慣隔水加熱（將椰子油起泡劑與少量水混合倒入小玻璃杯中，放入裝有熱水的中型不鏽鋼鍋中浸泡幫助溶解），稍微攪拌後靜置約10~20分鐘，直至椰子油起泡劑澄清為止，此時將冷卻至室溫的椰子油起泡劑加入上述檸檬皮浸泡液中，溶液不再混濁，且出現淡黃色的澄清液。
- 6.將自製而成的清潔劑裝入適當容器（資源回收的洗碗精或洗髮精塑膠瓶均可）中即完成。

天然清潔劑剛做好即巧遇班上同學反應，教室前的洗手臺長滿青苔及油垢，學生馬上試用了一下（如圖7），發現其對油垢去汙效果十分明



圖7：培養學生將化學融入生活的能力，讓環境更美好

顯，學生直呼也想做一瓶給家人分享！自製環保又實用的生活必需品並帶入化學原理，讓孩子輕易了解化學的普遍性、實用性與趣味性，擺脫長久以來對化學好「毒」卻不易「讀」的誤解，這正是我們最大的期待呢！

參考資料

- 1.液體繩捲，維基百科，自由的百科全書
- 2.科學人2014年第146期4月號
- 3.膠體及界面化學入門，Duncan J Shaw 原著，張有義、郭蘭生編譯，高立圖書有限公司出版，1997
- 4.界面活性劑應用實務，賴耿陽編著，復漢出版社
- 5.化學化工大辭典-默克索引，中央圖書出版社出版，1996
- 6.物理馬戲團，沃克著，葉偉文譯，天下文化出版，2012年

圖片來源

圖1、2、5：龍騰編輯部所有

圖3、4、6、7：劉曉倩老師提供

專案特搜②



愛用黑板與粉筆

教師 王瓊蘭

新北市立新店高中化學科

前言

記得考國中理化教師甄選複試時，男友特地帶筆者到鄉下一間國小，借用教室裏的黑板，示範板書教學。他邊教、邊寫、邊畫，除了用白色粉筆外，偶爾變換成黃、綠、藍、橘紅等四種有色的粉筆，並穿插幾句幽默笑語，令我印象深刻，永生難忘。那時覺得寫好板書，真帥！有朝一日，筆者也要拿著粉筆，將自己所要教的，以及學生們的提問，統統行雲流水的寫出來。

歲月匆匆，一晃三十幾年過去了，好不容易，這兩年有機會能再進入師大研讀，並選修所愛的理科相關課程，本想欣賞大師用粉筆寫黑板，導公式、解方程式、畫幾何圖形的風采。但令我略微失望，主因是教室全是白板與電子螢幕，筆者努力盯著反光的白板，或發光的電子螢

幕，然而幾節課下來，老眼昏花不少。

向人打探後，才知道不僅臺灣，連美國大學的教室裡，現也少用黑板。再上網查詢，才知道號稱「粉筆中的勞斯萊斯」的日本羽衣牌粉筆（Hagoromo Fulltouch Chalk）已於去年倒閉，轉讓給另一家大型辦公用品公司，變成該公司的附帶產品，改名為DC Deluxe粉筆；該公司的消亡，似乎標誌著一個時代的終結。

曾有數學教授戲稱羽衣牌粉筆為「夢想中的粉筆」，能讓數學推理完全無誤，運算自動完成，不會有刮黑板，突然卡住，解不下去的困擾。而讓人好奇，這會不會太誇張啦！它該不會是我們學校所提供的粉筆，可使人書寫自如，猶如傳說中的「夢想筆」，能讓人文思泉湧，難



圖1：粉筆曾是教學上必備的工具

道即將斷貨了嗎？於是，特意查看教室粉筆盒上的品牌，竟然是漂洋過海而來的世界優質喬托牌粉筆（GIOTTO），生產於法國香檳區，隸屬於義大利百年文具集團Fila Group。其成分採用98%碳酸鈣加天然植物性顏料，不含任何潤滑劑等化學添加物，國內進口的商品名稱爲歐亞（OMYA）的環保碳酸鈣粉筆。這才知道傳統的硫酸鈣粉筆是有害的，不容易被分解，正面臨淘汰的命運。目前被普遍採用的碳酸鈣粉筆，其優點是字跡清晰、質地較重（比重爲2.71）、粉筆灰少、擦拭後不易亂飛揚、耐寫，並且不沾手、不傷手、不易折斷、不易受潮，難怪我愈寫愈順心，下筆如有神助一般。

碳酸鈣粉筆的優勢

爲什麼碳酸鈣粉筆比硫酸鈣粉筆適用呢？原因是碳酸鈣（ CaCO_3 ）的摩氏硬度爲3，且倘若吸入人體後，能被消化吸收分解掉；一旦受潮，可以日曬1~2天去除水分，即回復原來特性。而硫酸鈣（ CaSO_4 ）是無水石膏，它的摩氏硬度爲3.5，可作爲石膏模型的原料，或醫療材料骨折的固定成分（如圖2）。無水石膏在空氣中會自然吸收水分，形成含結晶水的石膏；它又分爲熟

石膏（ $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）亦稱半水石膏，以及生石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）其摩氏硬度爲2。熟石膏也可以緩慢地吸收水分，變成生石膏，體積因而變大，硬度則會依含結晶水的份量而改變。由於硬度不均，寫起來容易折斷。硫酸鈣粉筆的粉筆灰，質地較輕，無水石膏與生石膏，比重分別爲2.96和2.32，所造成的粉塵也較多，顆粒比粉塵大，若吸進氣管會造成鼻、咽、喉等處不適，並且不容易被人體所分解。

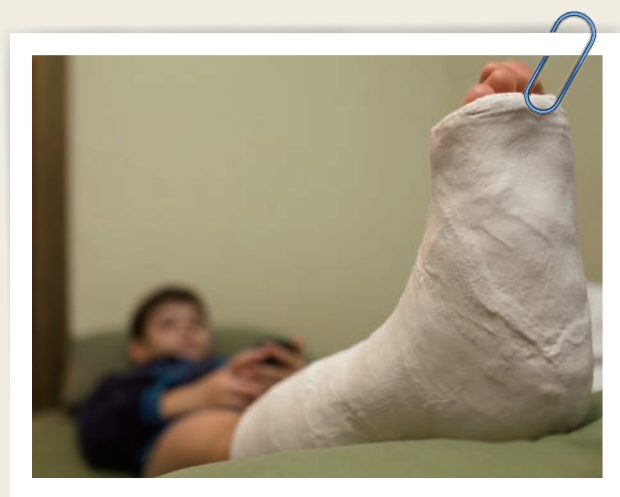


圖2：石膏用來固定骨折部位

碳酸鈣的簡介與應用

簡介

碳酸鈣占地球地殼的4%以上，有三種的碳酸鈣礦物——方解石（calcite）、霏石（aragonite）、球霏石（vaterite）——是最重要的造岩礦物。岩石不是碳酸鈣唯一的存在形象，地球上綿延不斷的水體中與無數植物和動物體內，都含有大量的碳酸鈣，以及其轉換的成分，如：暫時硬水中的碳酸氫鈣（ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ）、氧化鈣（ CaO ，生石灰）、氫氧化鈣（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，熟石灰），這些天然資源是由碳酸鈣循環連結著。

碳酸鈣循環

到處都存在著碳酸鈣，它與二氧化碳和水作用成碳酸氫鈣，溶解在河流和海洋中。自然界的水流經固化的碳酸鈣岩，如同上述的化學作用，

會形成暫時硬水；而滴水穿石，進入岩洞中，因自然的受熱，或是與二氧化碳作用，又可沉積成爲碳酸鈣岩，生成天然的山脈礦區。並且碳酸鈣無論是在水中，或是在潮溼的空氣中，一旦接觸到酸時，不管酸的強弱，即刻引起獨特的化學反應，產生二氧化碳。這提供地質學家一個可靠的測試，用來識別碳酸鈣岩。此現象對於石灰岩洞的形成是很重要的。

每當天空降下偏酸性的雨水，匯流到地面下，溶解富含碳酸鈣的石灰岩，最終到達地下的岩洞中，釋放出二氧化碳。二氧化碳被釋出時，又會與地下岩層中的硬水反應，使得碳酸鈣再次結晶沉澱出來。此時含有碳酸氫鈣的水滴落時，在洞穴的頂部，留下一些礦物質，並在其下落的一些地方，也留下一些礦物質。經過數千年漫長的過程，才會累積成鐘乳石和石筍，形成石灰岩洞中的壯麗奇景（如圖3）。

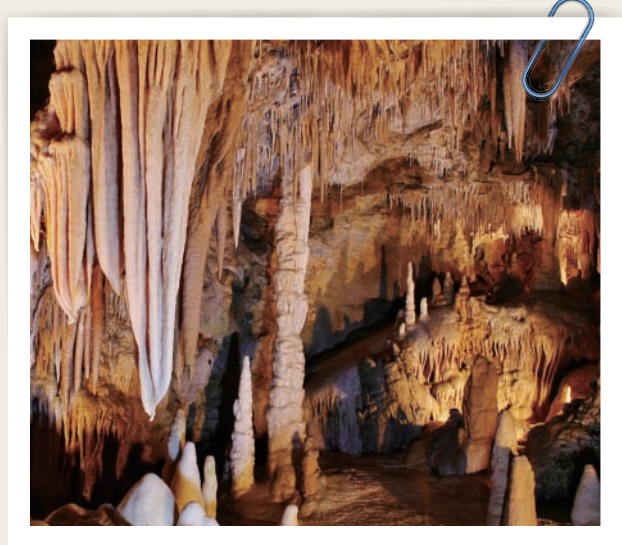


圖3：鐘乳石洞

如果在形成石灰岩的沉澱過程，水溶液中含有鎂離子，可能會發生白雲岩化的作用。在晶格點陣中，一部分鈣離子會被鎂離子所取代，導致白雲岩（Dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ）的形成。白雲岩爲自然發生的雙碳酸鹽岩，是一種複鹽，組成的碳酸鈣和碳酸鎂（ MgCO_3 ）的排列結構與大

理石有相似之處。碳酸鈣沉澱的產生，需在特定條件下的溶液中，形成難溶的鈣鹽。通常以氫氧化鈣溶液作爲鈣離子的來源。這必須不包含任何有色的雜質，摻合著氣態的二氧化碳或碳酸鈉（ Na_2CO_3 ），即可沉澱出碳酸鈣。

植物和動物需要碳酸鈣，鈣是植物細胞壁生長所需，多存於植物葉的表層細胞中，缺乏時果皮或葉面會失去光澤；鈣在動物體內，形成他們的骨骼、保護殼（如：蛋殼由約95%的碳酸鈣組成）以及貝殼等。生物會間接吸收沉積在水底的碳酸鈣。溶解在水中的碳酸氫鈣，解離並釋出鈣離子，生物使用它來建造自己的骨骼、保護殼以及貝殼等。海床上的貽貝、藻類和珊瑚，一旦它們死亡之後，生物體內的元素再次形成碳酸鈣的沉積礦岩。

碳酸鈣的應用

碳酸鈣可能是在自然界中，對我們日常生活最具影響的一種礦產。首先，由於碳酸鈣研磨成的白色粉末，適合作爲顏料、塗料與填充料，因此它是紙張、塑料、油漆和塗料行業中最廣泛使用的礦物（如圖4）。其次，由於碳酸鈣原料的價格低廉，在造紙工業中，作爲紙張的填充料，可增加紙張表面的光亮與光滑度。還有，碳酸鈣可作爲油漆的增量劑，在其中所占的質量，可高達30%左右。最後，碳酸鈣也廣泛用於黏合劑和密封劑中的填充料。對於人體的醫療保健方面，碳酸鈣還可作成鈣片或制酸劑的胃藥。所以可說，現代人幾乎無法想像，若缺乏碳酸鈣時，還能過怎樣的生活？

由石灰岩研磨所得的碳酸鈣粒子爲粒狀，但貝殼的碳酸鈣粒子爲棒狀；相同成分的碳酸鈣原料，不同比例的顆粒形狀混合，加入水以及黏合劑後，攪拌、擠壓、切割、成形，考慮粉筆的強度與手感，能讓粉筆寫起來比較滑順，不容易斷裂，並且不能有其他堅硬的雜質，以防止黑板被刮傷。



圖4：碳酸鈣是油漆的成分之一

換句話說，碳酸鈣的獲得，其顆粒形狀和粒徑分布的形式，取決於水溶液的條件，如濃度、溫度、溫度變化期間的沉澱作用、攪拌所產生的能量、pH值和其他因素等。

研究碳酸鈣粉筆，可作為跨學科領域的探究與實作。通過表面科學、礦物顏料和化學工程、微生物學和生命科學，研發出相關的技術。此外，以化學家、物理學家、礦物學、地質學家、數學家、材料科學家和工程師等不同的觀點，導入研究的主題。

後記

為什麼許多數學、物理和化學老師推導公式、演算的過程以及寫出化學反應式時，喜歡用黑板而非白板呢？有人開玩笑的說：「是因為理科老師比較小孩子氣，也比較隨性，喜歡天馬行空地胡亂思考，像小孩子般的快樂塗鴉。」

事實上，多數教師對於利用電腦與網路教學並不陌生，但使用電腦的PPT是沒辦法即興演示，寫出如何一步一步，推理難題的過程。電腦上的字、符號與圖案，是一個、一個輸入，再「蹦跳」、彈現出來。如果突然沒電了，課程不得不中斷，老師也許只能傻站在那兒，尷尬地等

待下課鐘響。奇怪的是，在應邀演講時，技術總會突然失靈，讓人手足無措。此時正可考驗演說者的機智，有人只好改用白板，卻不知道在場的白板筆，寫到什麼時候，又突然沒墨水了；原因是白板筆的墨水量，從外觀上根本是看不出來的。然而，在演講場上，對於受邀的演說者而言，這可是比預想過的窘境還要再麻煩一點。但若是有黑板與粉筆在場，那豈不就都沒問題了嗎？

以前下課時，偶而會看到有幾個學生在一起畫黑板、玩粉筆；現在看到的學生，幾乎都是獨自一人在低頭滑手機，或多人連線打電動。果真是不同世代，會有不同的行為模式。

圖片來源

圖1~4：Shutterstock圖庫提供



2016 升級大改版

lungteng 5.0

龍騰官網

<http://www.lungteng.com.tw/>



產品總覽

三步驟／輕鬆選書

1. 點選產品總覽
2. 選擇科目
3. 瀏覽書籍介紹

教學資源

選擇科目／檔案下載

1. 點選教學資源
2. 選擇科目
3. 檔案下載

