

膠 體 簡 介

洪君如

國立臺灣師範大學物理系

各位中學理化教師您認為：牛奶、紅寶石與霧，有什麼共同之處？這三樣東西都是膠體 (colloids)，即大小 1 nm ($=10^{-9}\text{ m}$) 到 100 nm 的粒子均勻混合在另外一種物質中。您的學生明白膠體與溶液的差異嗎？此外，為何膠體不像懸浮體 (suspensions) 那樣沈澱下來？溶液是均勻混合物，大小不及 1 nm 的亞微觀溶質粒子均勻分布在溶劑中。這些溶質粒子，可能是物質的原子、分子或離子。懸浮體也是混合物，但其粒子較大——大於 100 nm ——所以不能均勻混合在物質中，最後這些大懸浮粒子將沈澱在容器底。

膠體分散體 (colloidal dispersions) 介在溶液與懸浮體之間；膠體分散體不能視作均勻混合物，因為它是由不同的二相——分散相 (dispersed phase, 相當於溶質) 與連續相 (continuous phase, 相當於溶劑)——所組成的。雖然這些粒子依然太小，用顯微鏡看不出來，但是分散相的粒子——小分子的聚合物與聚集體——在分子的尺度上仍然被視作大粒子。例如，在牛奶中，乳脂分子分布在水中。表 1 顯示一些常見的膠體。

表 1. 常見的膠體

膠 體	分散相	連續相
攪打奶油、泡沫	氣	液
煙、空氣中的灰塵	固	氣
美乃滋 (沙拉醬)、牛奶、汽水	液	液
紅寶石、一些合金	固	固
雲、霧、靄	液	氣
明膠、珍珠	液	固
浮石 (pumice)	氣	固
澱粉混合物、一些塗料	固	液

冰淇淋是一種膠體分散體，化學課的任何學生都樂意做實驗來製作這好吃的膠體。特請注意，這實驗不要在化學實驗室做，而要在家事實驗室做，以便學生可以吃其產品。冰淇淋的製作也會帶來與理化課有關的其他論題，這些論題可能包括凝固點下降、黏度與溫度的關係，以及經過齒輪組的運動之傳遞。

學生研究新鮮鳳梨對明膠 (gelatin) 的影響，便可學到解脢酶 (proteolytic enzyme) 的作用。新鮮鳳梨含有菠蘿脢酶 (bromelain)，您可以混合 50g 新鮮鳳梨與 35mL 緩衝劑後，將果肉濾去，即可製備菠蘿脢酶。將一些明膠與緩衝過的鳳梨提出物混合起來，經過冷卻，便可觀察膠凝作用所需的時間與膠凝程度。這時，變因可能包括鳳梨提出物的濃度、緩衝劑的 pH 值、提出物加熱後的溫度、在高溫持續的時間以及重金屬離子 (Cu, Pb, Hg) 的濃度。

萬一膠凝作用未能發生，則其理由是酶將蛋白質分子切成小塊，以致不能形成膠體分散體，卻形成溶液。如果膠凝作用順利發生，則其理由是酶受到了某種方式的仰制。這一系列實驗，即使不能讓全班學生來做，至少可以成為學生的適當獨立研究課題。木瓜酶 (papain) 是來自未成熟的木瓜之酶，經常用在肉品軟化劑中。木瓜酶也會產生類似的效果。然而，來自其他新鮮水果的提出物，卻沒有類似效果，為什麼？

您也可以利用明膠來當做電泳 (electrophoresis) 的媒體。凝膠電泳是非常重要的分析技術，但它通常不包括在中學化學課程中，因為它牽涉到昂貴的費用與高電壓。您可以利用小電池、塑膠管、與用完即可丟棄的注射針與注射筒來製作簡單的電泳裝置。

將 10g 明膠溶解在 200mL 的 0.01M 三元磷酸鈉 (tribasic sodium phosphate) 中來製作明膠。這時，可能必須加熱這混合物來溶解明膠。(一定要讓學生明白，這實驗所用的任何明膠都不可以吃。) 將長度大約 10cm，內徑 6mm 的塑膠管裝滿明膠混合物，以栓塞住，然後予以冷卻。用注射針筒，將欲分離的少量混合物注入充滿明膠的管子中心處。將兩個電極插入管子的任何一端，再連接電池；假如電極經過栓而伸出來，則這裝置用起來將是很方便。

其次，您可以小心翼翼地將整個明膠栓從管子擠出來。這時，您可以利用鉛筆頭上的橡皮擦來輕輕推動。這樣，就可以切去分離好的混合物的各部分，以便做進一步的研究。利用這裝置，又可分離酸鹼指示劑的混合物。至於使綠色明膠著色的藍色染料與黃色染料，以及一些金屬離子，也可以利用這裝置來分離。

這時，除了改變混合物的成分而外，更可以改變一些變因，例如 pH 值、離子強度、電位、以及電極型式 (不同厚度與不同種類的暴露金屬線，各種直徑的導線)，以便使

它成為求知慾特別旺盛的某些學生之良好研究課題。

您可以實驗的另外一種凝膠膠體 (gel colloid) 是矽膠。這時可用經由水來稀釋成為 3:1 或 4:1 的矽酸鈉溶液 (即「水玻璃」, 在大多數藥房均可買到), 來成長矽酸鹽「叢林 (jungle)」。將一些乾淨的沙放在無色透明容器底, 器內裝入矽酸鹽稀溶液, 幾乎滿到器頂。丟入少數大塊的有色鹽, 例如硫酸銅或氯化鈷。在鹽晶體的表面, 溶解的金屬離子與矽酸鹽互相反應而形成膠凝的 (膠體) 膜。因為膜內部的鹽之濃度高, 所以水就擴散進去, 而使膜膨脹起來。在晶體的表面, 更多的金屬離子與矽酸鹽發生反應, 產生更多的膜, 而彩色「芽 (sprout)」遂由晶體成長出來。這實驗最好是延續到第二天, 因為好的「芽 (shoots)」, 其成長需要幾小時的時間, 而且芽又容易因受衝擊而瓦解。一如電泳實驗, 這也是良好的獨立研究課題, 學生可以改變矽酸鹽的濃度以及晶體的種類與大小, 而且他們也可以測量芽的成長率對時間或對溫度的函數關係。

透過上述三個化學實驗來向學生介紹膠體以後, 再加上您自己想出來的其他實驗, 則學生對膠體應該有相當深入的認識了。溶液與懸浮體之間的中間領域, 是富於創造力的學生實驗園地。當您的膠體實驗包括冰淇淋的製作時, 膠體的鑽研必定更加饒有趣味。

參考資料: The Science Teacher / September, 1985.