

沸點上升、凝固點下降、滲透壓是溶液的許多物理性質中，
在我們生活上最常接觸與應用的三種。

看完本文之後你會了解霜打過的白菜是不是比較甜？

逆滲透淨水器是怎麼回事。

郝俠遂

了解溶液 其實很容易

在民國四十幾年的時候，我還在讀中學，看電影幾乎是唯一的娛樂。有一個讓我印象深刻的鏡頭在好幾齣警匪槍戰片中都出現過，讓當時童稚的我一直想不透，那個場景是：

一輛警車在積雪的街道上緩緩行駛，車上有兩名警察，左邊那一位在開車，右邊那一位不斷地從一個大紙袋中掏出一些白色的東西往車窗外扔撒。

警察往外扔的是甚麼東西呢？人民的保母總不至於亂扔垃圾吧！曾經問過大人，也沒問出結果來。好在這個鏡頭跟電影的劇情沒甚麼關係，也就沒積極去尋找答案。一直到了進大學讀了化學系，學習到「溶液」的性質之後，才弄清楚是怎麼回事。

甚麼是溶液

一見到「溶液」這個名詞，就會很直覺地聯想到

糖水、鹽水這一類的混合液體。沒錯，糖水與鹽水都是溶液，是由固體的糖或鹽溶解在液態的水中而形成的。在化學上，被溶掉的成分比如糖或鹽，稱為「溶質」；能溶解溶質的成分例如水，稱為「溶劑」；溶質溶解在溶劑之中就成了「溶液」。其實溶劑不限於水，許多有機液體譬如酒精、丙酮、苯、甲醇等等都是很好的溶劑，在工業上有很大的用途。溶質也不限於固體，像汽水中就溶有二氧化碳氣體，食用醋裡溶有液體的醋酸，酒也是水與酒精的混合液。

溶液凝固點下降的性質

溶液的性質與純溶劑有那些不同呢？就拿鹽水與清水來作比較，當然鹽水嘗起來有些鹹味而清水則無，除此之外還有許多不同點。先談談在日常生活中會遇到的例子，溶液有一個重要的性質是它的凝固點

要比純溶劑為低，清水在攝氏零度時會凝結成冰，而要溶液凝固就需要較低的溫度。所以，在冰箱的冷凍庫裡，紅豆湯就要比白開水難凝固。溶液的凝固點到底會下降多少呢？要看鹽水的濃度而定，水中加的鹽越多，凝固點就越低。

在兩公升的水中加上50克的鹽，這樣濃度的鹽水凝固點大約是攝氏零下1.8度。工業上常用的一些有機溶劑的凝固點下降效應比水顯著得多，比如說環己烷的凝固點下降效應大約是水的11倍。

在雪地行駛的警車裡的警察往外扔的東西正是鹽粒，目的是要維護交通安全。剛剛落地的雪很蓬鬆，就像刨冰一樣，人走在上面或汽車壓在上面不會打滑。太陽出來一曬，就把積雪融成水了，照講應該會從馬路邊緣的排水口排走的，但如果降的雪過多或是排水口被積雪堵住，而沒有把融化的雪水排光，到了太陽下山後氣溫驟降到攝氏零下，沒排走的雪水就凝成一大塊結實的冰塊，表面非常滑，人走會摔跤，車行會打滑，容易造成事故。

警察把鹽粒扔到雪中，當雪融化後就把鹽溶成了鹽水，凝固點就會下降，要更低的溫度才會凝結成冰，就可以在太陽下山後多維持一段液態的時間，多爭取一點從排水口排走的時間。警察為了交通安全確是用心良苦，但效果好不好呢？經過簡單的計算就知道效果不會太好，因為要相當高濃度的鹽水才有較顯著的凝固點下降效應。所以警察僅僅扔撒幾袋鹽在廣大的積雪區域上，可說是杯水車薪沒甚麼效的。這個方法只能用在交通要衝的局部區域，撒下較多量的鹽，或許能有些效果。

溶液沸點上升的性質

溶液的另一個性質是它的沸點要比純溶劑為高，清水的沸點是攝氏100度，而鹽水的沸點就要比攝氏100度高一些。到底高多少呢？要看鹽水的濃度而定，水中加的鹽越多，沸點就越高，但升高的幅度並不大，如同前述的兩公升水中加上50克鹽的溶液，沸點只會上升攝氏0.5度左右。我們會認為這區區的0.5度對我們生活沒甚麼影響，但是如果溶劑不是水而是工

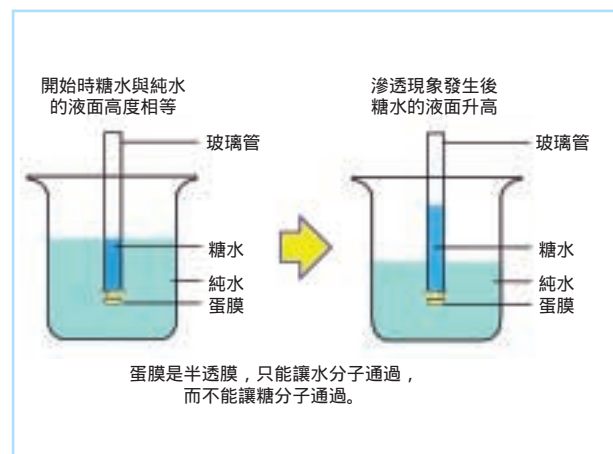
業用的有機溶劑，比如四氯化碳，它的沸點上升效應是水的五倍，就不能等閒視之了。

在化學上，我們可以利用溶液沸點上升與凝固點下降這兩項性質來測量溶質的分子量，方法很簡便，但準確性稍差，主要原因是一般水銀溫度計測量溫度的精確度不夠高。

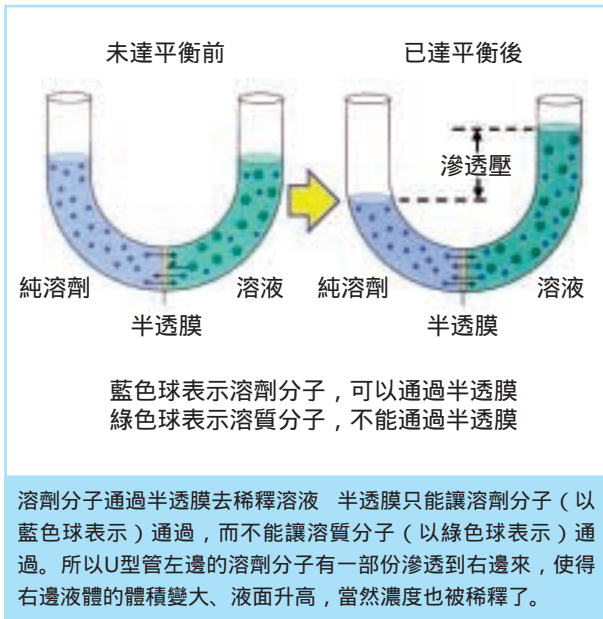
霜打過的白菜比較甜

有人說霜打過的白菜比較甘甜、寒帶種植的番薯糖分較高是真的嗎？從前述凝固點下降的理論來解釋是合理的。植物體內大部分的成分是水，水在凝固時體積會膨脹十分之一，細胞膜裡的細胞液如果凝固就會把細胞膜撐破了，所以冰箱如果溫度調得太低，蔬菜放久了就會有凍傷發黑的現象。

植物的葉子靠著水分、二氧化碳、葉綠素、日光來進行光合作用以製造養分，這些養分會以澱粉或葡萄糖的形態存在於植物的根莖葉中。澱粉不容易溶於水，而葡萄糖在水中極易溶解，寒帶植物為求自保，會經由一種酵素將一部分的澱粉轉化成可以溶於水的葡萄糖，使植物體內液體的濃度較高，就不容易凝固而繼續保持在液態，因而植物得以存活。所以，如果市場的菜販告訴你，他賣的高麗菜是梨山或清境農場



簡易的滲透現象實驗 將糖水倒進一端以蛋膜封口的玻璃管裡，把玻璃管浸在純水中，並使糖水與純水的液面高度相等（如左邊的燒杯）。過了一段時間之後，滲透現象發生了，水分子透過蛋膜進入玻璃管內，而使糖水的液面漸漸升高（如右邊的燒杯）。糖水越濃，水分子進入玻璃管內就越多，液面也升得越高。



溶劑分子通過半透膜去稀釋溶液 半透膜只能讓溶劑分子（以藍色球表示）通過，而不能讓溶質分子（以綠色球表示）通過。所以U型管左邊的溶劑分子有一部份滲透到右邊來，使得右邊液體的體積變大、液面升高，當然濃度也被稀釋了。

生產的，比較甜所以也比較貴，倒沒有騙你哩！

滲透現象

滲透現象是溶液另一種非常重要的性質，這種滲透作用對於生物的生存非常重要。滲透作用在人體的腎臟機能上扮演一個重要的角色，在血液和細胞液之間，水分和各種營養液的轉移也要靠滲透作用來進行。植物的根也靠滲透作用來獲取植物體所需的水分。在工業用途中，滲透作用常用在水的純化和食物的貯藏上。

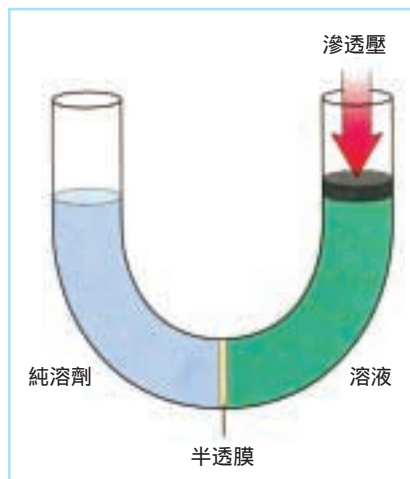
先來做一個小小的實驗，拿一枚雞蛋，在較尖的那一端敲個洞，把蛋白、蛋黃倒出來，再非常小心地把蛋殼敲裂，慢慢剝離，和裡面那層薄薄的蛋膜分開。把蛋膜用剪刀剪下約3公分見方一小片，用線縛在一根約20公分長的玻璃管的一端，將此端朝下，再把預先配好的稀糖水（大約一升水中加兩茶匙糖）倒進玻璃管中，約5公分高。然後把這個玻璃管浸在一個盛了清水的容器裡，同時小心地調整玻璃

管的上下位置，使管內糖水的液面和管外清水的液面高度相等。

過了不久就會發覺玻璃管中的糖水液面漸漸升高了，但升了一些後就會停止，而且保持在一定的高度。我們也發覺液面上升的高度與糖水的濃度有關，糖水越濃，液面上升得越高。這個現象叫「滲透現象」，做實驗的蛋膜是一種半透膜，是只能讓溶劑（水分子）通過而不讓溶質（糖分子）通過的薄膜。細胞膜是最典型的半透膜，當然工業上用的半透膜不是用蛋膜，而是人工製造的，例如賽璐芬膜就是常用的一種。

自然界有一種從不平衡走向平衡的趨勢，如果半透膜兩邊的液體濃度不同，濃度較稀那一邊的溶劑分子就會有一部分通過半透膜跑到濃度較大的那一邊，把它沖淡一點，使兩邊的濃度接近一些。滲透現象所產生的壓力叫滲透壓，是自然界很重要的一種輸送液體的動力。植物根部能吸收水分並傳送到好幾公尺高的樹梢，讓樹葉行光合作用，這種能夠使水抗拒地心引力向上逆行的動力，有一部分就是來自滲透壓。

與土壤接觸的根部細胞中的細胞液遠較土壤中的水為濃，所以土壤中的水分就會通過根部細胞的細胞



滲透壓 由於滲透現象發生，溶劑分子（藍色部份）會通過半透膜滲透到右邊去，把右邊的溶液（綠色部份）稀釋，而會使右邊液面上升。如果在右邊紅色箭頭處加上適當的壓力，強迫兩邊的液面仍然保持在原來高度，這個能阻止滲透現象發生的壓力，就是滲透壓。

膜進入根部細胞中將之稀釋，而此細胞中細胞液的濃度又會比它旁邊那個細胞的細胞液稀薄，水分子又會通過細胞膜鑽入旁邊那個細胞之中，如此連鎖進行，水分就一路爬升到樹梢了。

前述與土壤接觸的根部細胞中的細胞液遠較土壤中的水為濃，但是我們發覺植物在澆過水之後，根部附近的水與土壤混在一起成了黏黏稠稠的一坨，水中溶質的濃度應該很大才對，為甚麼會遠低於細胞液的濃度呢？其實這是一個誤會，水與固體小顆粒均勻地混在一起，看起來渾然一體，連顏色都變了，好像是這些固體小顆粒溶解在水中

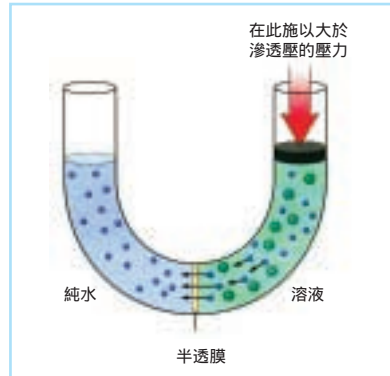
了，其實並非如此。這些固體小顆粒只是懸浮散布在水中，並沒有溶解，放置一段時間後這些固體小顆粒就會沉澱下來，上面還是非常清的水。

黃河的水就是個典型的例子，剛從岸邊舀

上來的水是黃黃渾渾的，那是泥沙懸浮在水中的顏色，放置一段時間泥沙就會沉下來，也可加上一點明礬之類的膠凝劑加快水中雜質的沉澱，這樣的水在煮沸後當然就可以放心飲用。若非如此，人要天天喝泥水，活都活不下去，怎麼可能孕育出黃河沿岸的中原文明呢？植物根部附近的土壤經過常年的與水接觸，可以溶於水中的物質早就溶完了，所以土壤只是跟水混在一起，並不是溶在水中，看起來似乎黏黏稠稠，其實其中的水可視為清水。

也是揠苗助長

揠苗助長是大家耳熟能詳的一句成語，出自《孟子》，是「雖曰愛之其實害之」的比喻，有人在培育植物時也會無意間犯了類似的錯誤。比如說剛剛買了一盆漂亮的盆景，希望它長得好，所以除了澆水之外還施了



逆滲透 在正常狀態時，由於滲透現象使得U型管左邊水分子（藍色球）會通過半透膜到右邊去，把右邊的溶液稀釋並且產生滲透壓。但是如果我們在紅色箭頭處加上比滲透壓還要大的壓力，不但阻止左邊的水分子到右邊來，還要強迫右邊溶液中的水分子倒流到左邊去，使得右邊的溶液體積變小且越來越濃，而左邊的純水層的量會增加。這個現象叫作「逆滲透」。紅色箭頭處所施的壓力越大，左邊純水的量就會越多。請注意，雖然在紅色箭頭處加了壓力，但右邊溶液中的溶質分子（綠色球）還是無法通過半透膜到左邊來，所以左邊的水是一直保持純淨的，利用這個原理可以設計製造「逆滲透」(reverse osmosis, R.O.) 淨水器。

大量的肥料，心想頂多浪費一點肥料也不要緊，總比施肥不足好吧！但這樣一來反而把這株植物害慘了。

肥料的主要成分是磷、氮、鉀等化合物，都很容易溶在水中，如果施肥過多，會使得植物根部附近的水分變得很濃，如果濃度大到超過根部細胞液中的濃度，則根部細胞內的水分反而要倒流到土壤中去，當然這株植物就會因缺水而枯萎了。

逆滲透淨水器

近幾年，市面上常看到一種簡稱為 R.O. 的淨水器，它的原理很簡單。前面說過，在自然狀況下，因為滲透壓的差異，水分子會從低濃度的一邊通過半透膜到高濃度的一邊。如果我們反其道而行，在高濃度的那一邊施一個比滲透壓還要大的反向壓力，則水分子就向低濃度（或濃度為零）的方向流動，而得到純淨的水。這種過程稱為「逆滲透」，英文叫「reverse osmosis」，縮寫為R.O.。當然，要在淨水器中產生反向的壓力是必須要耗費能量的，用電能作為壓力的來源最為方便，所以R.O.淨水器是要插電源的。

家庭中利用逆滲透來淨化飲用水是小規模的，是不是可以擴大規模應用在海水的淡化上，來解決現今全球水資源不足的問題呢？在原理上當然毫無問題，製造這樣的機器也沒甚麼困難，但是這種方法需要相當大量的能源，要我們在「水源」與「能源」之間做一抉擇，也是很為難的事情呢！



以逆滲透法來淡化海水的裝置 這是以燃油為動力的逆滲透海水淡化裝置，圖中上方圓形桶狀物是燃油貯存槽。

郝俠遂

淡江大學化學系