



破解肥皂泡的冰凍魔法

肥皂泡泡在低溫時，會以一種奇特且美麗的方式凍結，彷彿一顆雪景球！

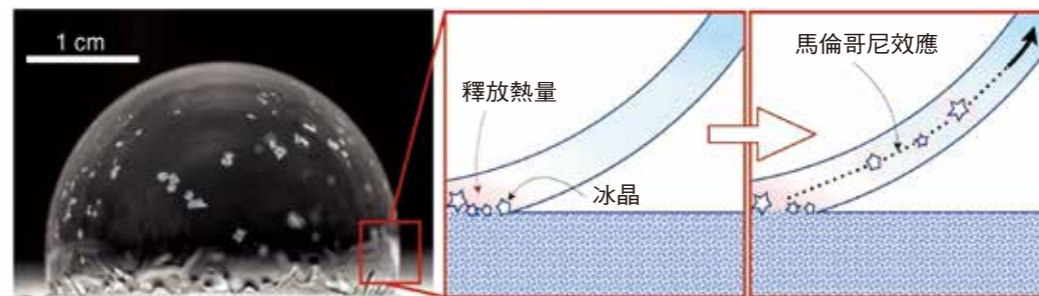
你看過結冰的肥皂泡嗎？YouTube 上盛傳著一段影片，在冰天雪地的戶外吹出一個肥皂泡泡，泡泡表面開始結出許多雪花狀的冰晶，並漂散開來，像是被搖晃過的

雪花水晶球，接著冰晶逐漸凝結擴大，直到整個泡泡都被凍結，過程美麗又奇幻，相當令人驚豔，這稱為「雪景球效應」。

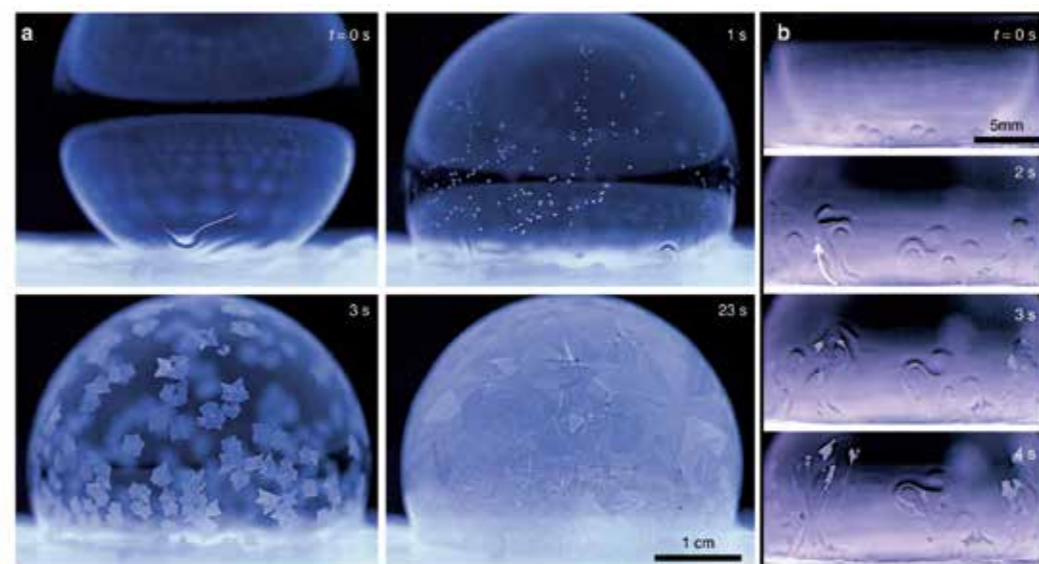
其實這個冰凍泡泡的現象，早在 1949 年就已有

一位名叫雪佛（Vincent Schaefer）的化學兼氣象學家觀察到了，但直到 70 年後的今日，才終於有一群物理學家破解了雪景球效應的祕密。

一般水滴結凍時，會從



當肥皂泡泡落在冰上，會從較低溫的泡泡底部生成冰晶，並發生馬倫哥尼效應，使得冰晶往上流動、漂散。



a. 肥皂泡泡在不同秒數(s)凍結的過程。
b. 凍結初期發生的馬倫哥尼效應（箭頭所指），使冰晶產生流動現象。



原始研究影片

最低溫的地方開始冷凍，形成的冰再繼續凍結附近的水分子，但肥皂泡泡卻不是這樣。這群物理學家在攝氏零下 20 度的冷凍庫裡，利用高速攝影機拍攝固體表面上的肥皂泡泡如何結凍，試圖重現雪景球效應的過程。

物理學家解釋，肥皂泡泡中的冰晶流動跟「馬倫哥尼效應」有關。這個效

應是指液體會從低表面張力處流往高表面張力處，或從高溫區流往低溫區。當許多小冰晶從低溫的泡泡底部生成時，水結冰會釋放出熱量，而使附近的水分子變溫暖，此時發生馬倫哥尼效應，形成一股暖流將冰晶往上帶，使數百個小冰晶以非常戲劇化的方式在泡泡的表面流動、旋轉，接著每個冰晶

體積逐漸增大，直到冰晶彼此接觸，整個肥皂泡泡完全凍結為止。

這麼美麗的情景，我們可以在家中自己製作觀察嗎？答案是不行。因為家中環境溫度不夠低，即使將泡泡吹在大冰塊上，泡泡只會像一般水滴一樣，由下往上結凍，而上半部的泡泡則會塌陷，無法形成美麗的雪景球效應。