



Benim sorum süblimleşmeyle alakalı. Dış basıncı ayarlayarak 0 santigrat derecedeki suyu kaynata kaynata dondurmak mümkün müdür?
Önder Açıköz

Asıl soruya geçmeden önce süblimleşme hakkında birkaç şey söylemekte yarar var. Bir katının, sıvı bir ara faza geçmeden doğrudan buharlaşması anlamına gelen bu kelime, birbirinden farklı iki olay için de kullanılıyor. Bu da karışıklıklara yol açabiliyor.

Biz süblimleşmenin bir faz dönüşümü olarak anlamı üzerinde duracağız, yani ısıtılan bir katının sıvılaşmadan gaz haline geçmesi olayı. Bu olay tıpkı erime (katının sıvı hale geçmesi) ve kaynama (sıvının gaz hale geçmesi) olayları gibidir. Süblimleşebilme özelliğine sahip bir katıyı sürekli ısıtırsanız, sıcaklığını ancak belli bir noktaya kadar artırabilirsiniz. Sıcaklık, süblimleşme noktası denen bu değere ulaştığında yoğun bir buharlaşma başlar. Katının tamamı buharlaşana kadar da sıcaklık bu değerinde sabit kalır. Yani, erime ve kaynama olaylarında şahit olduğumuz tüm özellikler süblimleşmede de görülür.

Bu olay maddenin kararlı bir sıvı fazının olmadığı koşullarda gözlenir. Sıvı fazda moleküllerin birbirleriyle yakından temas ettiğini, ama bunun dışında neredeyse serbestçe hareket ederek madde içinde dolaştığını hatırlayın. Maddeyi işte bu durumda tutabilecek kadar yaklaşmasını sağlamak için belli bir miktar dış basıncı uygulamak gerekir. Eğer dış basıncı, bunu sağlayacak eşik değerden daha düşükse sıvı faz kararlı değildir. Süblimleşme işte bu koşullar altında gözlenir.

Bu olaya örnek olarak çoğunlukla naftalin gösterilir ama normal atmosfer basıncı (1 atm) altında naftalin bu anlamda süblimleşme göstermez: Isıtıldığında 80 °C'de erir ve 218 °C'de kaynar. Dolayısıyla naftalin, bu iki sıcaklık arasında kararlı bir sıvı faza sahiptir. Normal atmosfer basıncı altında süblimleşen maddeye en iyi örnek karbon dioksittir. Bu maddenin bu basıncı altında kararlı bir sıvı fazı yok (karbon dioksiti sıvılaştırmak için basıncı uygulamak gerekir). Gaz halindeki karbon dioksiti devamlı soğuttuğunuzda, -78 °C'de (süblimleşme noktası) herhangi bir sıvılaşma olmadan doğrudan katı faza yoğunlaştığını görürsünüz. Benzer şekilde, katı karbon dioksiti ısıtırsanız yine bu sıcaklıkta gaza dönüşür (süblimleşir).



İstedığınız herhangi bir maddenin süblimleşme gösterebilmesini, dış basıncı belli bir eşik değer altına düşürerek sağlayabilirsiniz. Bu eşik basıncı değerine o maddenin "üçlü nokta basıncı" deniyor. Örneğin, su için bu değer 0,006 atm. Bu basıncın altında, suyun sıvı fazı kararsızdır. Buzu ısıttığınızda, dış basıncı bağlı belli bir sıcaklıkta doğrudan gaz haline geçer. (Naftalinin üçlü nokta basıncı da 0,01 atm kadar.)

(Bu yazıda süblimleşmenin yukarıda açıkladığımız anlamı üzerinde duracağız. Ama, süblimleşme ayrıca bir katının kendiliğinden buharlaşması anlamında da kullanılıyor. Katı yüzeyinden moleküllerin rasgele koparak ayrılması sonucu meydana çıkan bu olay bütün katılarda gözlenir, basıncı ve sıcaklık ne olursa olsun (mutlak sıfır noktası hariç). Ama, naftalin gibi kokusunu rahatlıkla hissedebildiğiniz katılarda buharlaşma biraz daha yoğundur.)

Asıl sorunuza gelelim. Eğer kaynatmaktan kastınız suya ısı vermekse, bunun buz elde etmek için hiçbir faydası yok. Çünkü, maddenin katı hali, moleküllerin düzenli olarak dizildiği, düzenin çok yüksek olduğu bir faz. Dışarıdan verilen ısı düzensizliği artıracığından, katıdan diğer fazlara geçme eğilimini artırır.

Dolayısıyla, suyu ısıtmadığımızı, sadece üzerindeki basıncı düşürdüğümüzü varsayalım. Bu durumda sorunuzun cevabı evet. Yapmanız gereken bir bardak suyu alıp, dış basıncı aniden 0,006 atmosferin altında bir değere düşürmek. Değişim ani olduğu için, su bir süre daha sıvı fazda kalmaya devam edecektir. Ama, bu koşullarda sıvı faz kararsız olduğu için de bir takım dönüşümler (buharlaşma ve donma) kendiliğinden başlayacaktır. Bu noktadan sonra tam olarak ne olacağını önceden kestirmek, deneyi yapmadan tarif etmek güç. Ama aşağıdaki açıklama size bir fikir verecektir.

Öncelikle suyun üst yüzeyinden yoğun bir buharlaşma olacaktır. Eğer bardak kapalı bir ortamdaysa, bu buharlaşma dış basıncı artırır ve bir süre sonra da eşik değerin üzerine çıkarır. Yani, kısa bir buharlaşmadan sonra su ve buhardan oluşan kararlı bir denge durumuna ulaşabilir ve hiç buz elde edemeyebilirsiniz.

Bu nedenle, ortamdaki gazı sürekli dışarıya pompalayarak basıncı eşik değerin altında tuttuğumuzu varsayalım. Veya, bu deneyi Ay üzerinde yaptığımızı, buharlaşan gazın herhangi bir basıncı artışına yol açmadan kolayca dağıldığını varsayalım. Buharlaşmanın ortamdan ısı çeken bir olay olduğunu hatırlayın. Bu da, sıvının üst yüzeyinin sürekli soğuması anlamına geliyor. Buharlaşma devam ettiği sürece, sıcaklık eninde sonunda süblimleşme noktasına kadar düşer. Bu aşamada sıvının üst yüzeyi donmaya başlar. Üst yüzeyin tamamı donduğunda da, sıvı, bardakla buz tabakası arasında hapsedilmiş olur. Bu durumda, sıvı üzerindeki basıncı eşik değerin üzerine çıkabilir ve sıvı faz yeniden kararlı duruma geçer. Bu noktadan sonra üstteki buz tabakasından buharlaşma devam edecektir. Buharlaşmanın soğutucu etkisi nedeniyle de hapsedilmiş sıvı da yavaş yavaş donacaktır. Tüm süreç, bütün sıvı tamamen donana kadar devam eder.

Eğer, bardakta kabarcık oluşumu mümkünse, olaylar dizisi yukarıdaki paragrafta tarif ettiğimiz şekilde gerçekleşmeyebilir. Bu durumda, sıvının buharlaşması sadece üst yüzeyde değil, bardak-sıvı arayüzeyinde de meydana gelebilir. Genellikle, bardak üzerindeki kirliler, sıyrıklar, düşük basıncı gibi etmenler kabarcık oluşumunu kolaylaştırır. Eğer bu söz konusuysa, gazlı içeceklerin kapağını açtığımızda gözlemediğimiz olaylar gerçekleşir. Kabarcıklar yüzeye yükselecek, sıvı içinde bir hareketliliğe yol açar (buna kaynama denebilir mi?). Bu hareketlilik hem sıvının donmasını engeller, hem de ısı transferini kolaylaştırarak sıcaklığın sıvının her tarafına eşit olarak dağılmasını sağlar. Bu durumda soğuma daha hızlı olacaktır. Sonuç olarak, sıcaklık süblimleşme noktasına kadar düştüğünde de sıvının tamamı neredeyse eşzamanlı olarak donacaktır.

Bütün bunlara ek olarak, bardağın ışıması nedeniyle ısı kaybettiğini, dolayısıyla donmanın bardak-sıvı arayüzeyinde başlama olasılığı olduğunu da ekleyelim. Yani değişik koşullar altında, donma değişik biçimlerde gerçekleşebilir. Ama, her durumda, kararsız olan sıvı faz kısmen buharlaşıp kısmen de donarak o koşullar altında daha kararlı olan fazlara dönüşecektir.