

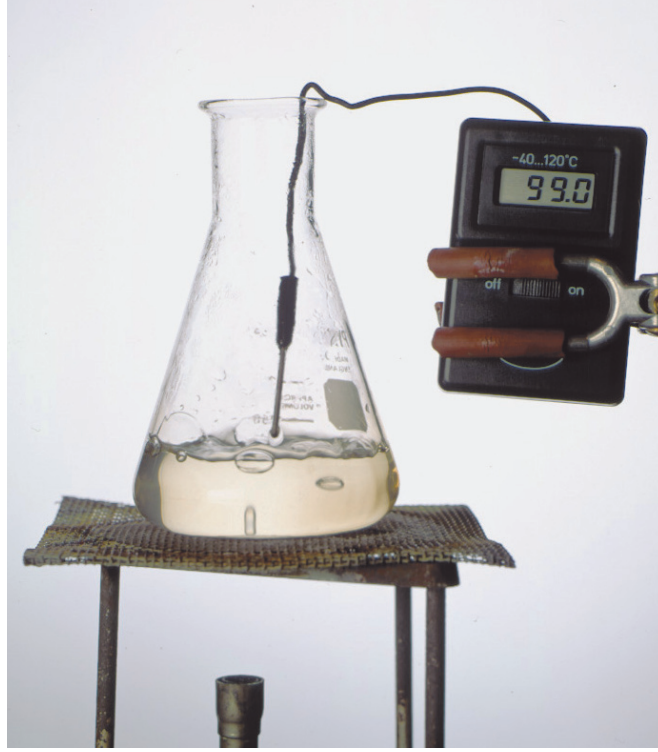


Eğer buharlaşma bir hal değiştirmeyse ve hal değiştirme reaksiyonlarında sıcaklığın sabit kalması gerekiyorsa neden buharlaşma olurken buharlaşan maddenin (örneğin su) sıcaklığı azalır?

Hale Beyza Balcı

Aslında her iki olay da aynı nedenden kaynaklanıyor, ama bunlar farklı koşullar altında olduğundan, ilk bakışta çelişkili görünen bir sonuç ortaya çıkıyor. Senin verdiğin örnekten yola çıkarak, genellikle hiçbir şey kaybetmeden, suyun kaynatılması/buharlaşması üzerinde yoğunlaşalım. Buharlaşma dışarıdan ısı emen bir dönüşüm (endotermik bir reaksiyon). Çünkü, bir su molekülünün sıvıdan ayrılıp gaz faza geçebilmesi için, o molekülle sıvıdaki diğer moleküller arasındaki bağların kırılması gerekir ve bu da bir enerji harcanması anlamına gelir. Bu enerjinin gram başına 540 kalori gibi oldukça yüksek bir değer olduğunu da hatırlayalım.

Hal değiştirme deneyinde su dışarıdan ısı verilerek kaynatılır. Burada çoğu durumda su sabit bir dış basınç (atmosfer basıncı) altında tutulur. (Eğer düdüklü tencerelerdeki gibi kapalı ortamlarda dış basıncın zamanla değişmesi olasıysa, zaten kaynama sıcaklığı da değişecektir.) Bu durumda buharlaşan suyun emdiği ısı, dışarıdan verilen ısı tarafından karşılanır. Olayı kabaca şu şekilde düşünmek mümkün: Su kaynama sıcaklığı olan 100 derecede. Kabin altındaki ocaktan verdiğimiz ısı suyun sıcaklığını biraz yükseltiyor, diyelim ki 101 dereceye. Bu sıcaklıkta su molekül-



lerinin buharlaşma hızı 100 derecedekine göre biraz daha fazla; üstelik oluşabilecek buharın basıncı dış atmosfer basıncından fazla. Bu durumda kabin dibinde buharlaşma oluşarak, tamamen su buharından oluşan bir kabarcık meydana gelir. Buharlaşma ortamdan ısı emdiği için, kabin dibi tekrar 100 derece sıcaklığına düşer. (Sıcaklık 100 derecenin altına düşemez, çünkü bu sıcaklıklarda kabarcıklardaki buharın basıncı, atmosfer basıncından düşüktür ve kabarcıklar hızla çöker; bütün buhar da tekrar sıvıya dönüşür.) Dolayısıyla, sıcaklığı tekrar 100 dereceye geri çeke-

cek miktarda buharlaşma oluyor ve bu nedenle ocaktan suya aktarılan ısının tamamı buharlaşmaya harcanıyor. Sonuçta sıcaklık her zaman sabit kalıyor.

Başka herhangi bir sıcaklıkta, hatta 0 derecenin altında bile gerçekleşen kendiliğinden buharlaşmadaysa, ocak gibi dış bir ısı kaynağı yok. Buharlaşan molekül, ihtiyacı olan enerjiyi sıvı veya katıdaki diğer moleküllerden çekiyor. Bu enerjinin yerine yenisi konmadığı için de, sıvı veya katının toplam enerjisi buharlaşma sürdüğünce azalıyor. Bu enerji kaybı da, doğal olarak ortamın sıcaklığını düşürüyor. Dolayısıyla, her iki olayın nedeni aynı: buharlaşma ısı emen bir dönüşüm. Farklı sonuçlar çıkmasının nedeni, birinde ısının su veya katı tarafından karşılanması, diğerinde de dışarıdaki başka bir kaynak tarafından karşılanması.

Son olarak, kendiliğinden buharlaşmanın ortamdaki enerji dağılımında meydana gelen mikros-

kobik oynamalardan kaynaklandığını belirtelim. Sıvı veya katıdaki toplam enerji hiçbir zaman bütün moleküllere eşit dağılmaz. Kimi moleküller ortalamadan daha hızlıdır (ve daha çok enerjiye sahiptir) kimileri de daha yavaş. Eğer yüzeyde bulunan bir molekül, şans eseri bağları kırarak kadar yüksek enerjiye sahipse o zaman sıvıyı terk eder. Yukarıda, buharlaşma için emilmesi gereken ısı olarak bahsettiğimiz enerji de, bu molekülün enerjisiyle, ortamdaki ortalama enerji arasındaki farktır; daha doğrusu bunun ortalama değeridir.

Dış basıncı ayarlayarak suyun kaynama sıcaklığını 0 dereceye getirip, 0 derecedeki suyu kaynata kaynata DONDURMAK mümkün müdür?

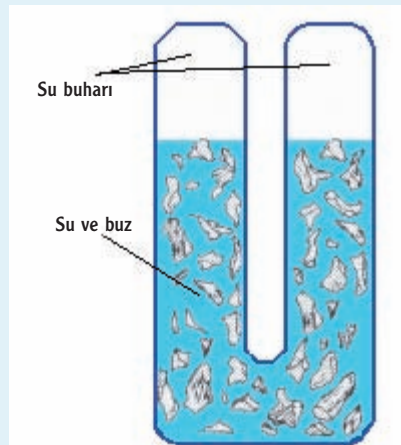
Ferhat Demir

Suyu kaynatmak gerekmeseyse ve suyun sıcaklığı tam olarak 0 derecede olmasa bile bahsettiğin deneyi gerçekleştirmek mümkün. Suyun içinde bulunduğu dış basınç düşerse, kaynama sıcaklığı da düşer. Böylece bu sıcaklığı bir hayli düşürebilirsiniz. Buna karşın, tam tersi etki, erime noktası için geçerli, yani basınç düşerse erime noktası artar (suya özgü bir özellik). Bu nedenle basıncı belli bir seviyeye kadar düşürdüğünüzde buzun erime noktası ile suyun kaynama noktası çakışır. Yani bu noktada, aynı sıcaklıkta kalarak hem buz eritmek, hem de erimiş suyu kaynatmak mümkün.

Bu çakışmanın gerçekleştiği basınç ve sıcaklık koşullarına suyun üçlü noktası diyoruz, çünkü bu noktada suyun her üç fazı-katı, sıvı ve gaz-aynı ortamda birbiriyle denge halinde bulunabiliyor. Erime noktası basınca pek fazla duyarlı olmadığı için, üçlü noktanın sıcaklığı 0.01 derece, yani bil-

diğimiz erime sıcaklığına oldukça yakın. Ve bu noktaya erişmek için dış basıncı, normal atmosfer basıncının binde altısına kadar (0.006 atmosfer) düşürmek gerekiyor.

Kısacası, dış basıncı düşürerek suyun kaynama sıcaklığını 100 dereceden ancak 0.01 dereceye kadar düşürebiliyorsunuz. Bundan daha fazlası



mümkün değil, çünkü dış basıncı düşürmeye devam ettiğinizde (0.006 atmosferin altına indiğinizde) artık sadece suyun katı ve gaz halleri söz konusu. Buzu ısıttığımızda, süblimasyon denen olayla buz, doğrudan gaz haline geçiyor. Bahsettiğin deneyi bu kadar düşük basınçlarda yapmak mümkün. Öncelikle normal basınç altında bir miktar su alır ve bir kaba yerleştiririz. Sonra, kabin basıncını hızla üçlü nokta basıncının altına düşürürüz. Bu şartlar altında suyun sıvı hali kararsız olduğundan uygun fiziksel değişimlerle su, kararlı olan katı ve gaz hallerine dönüşecektir. Bu öncelikle, bir miktar suyun kendiliğinden buharlaşarak gaz haline geçmesiyle başlar (basıncı artırmaması için bu gazın sürekli dışarıya pompalanması gerekecektir). Bu buharlaşma ortamdan ısı emdiği için, sıvı hızla soğur ve bir müddet sonra tamamen donar. Bu aşamada kapta artık, o koşullarda kararlı kalabilen buz ve gaz vardır. "Kaynatma", yani ortama dışarıdan ısı sağlama, bu deneyi gerçekleştirmek için gerekli olmadığı gibi, istenenin tam tersi etki yapacaktır, çünkü verilen ısı katıdaki bağları çözerek daha fazla gaz açığa çıkmasına neden olur.