

## Sıvılar ve Hal Değişimleri

Gaz moleküllerinin kinetik enerjileri sıcaklık düştükçe azalır ve gaz moleküllerinin hareketi yavaşlar. Bu nedenle, bir gaz yeteri kadar soğutulduğunda moleküller arası çekim kuvvetleri etkinleşir ve gaz molekülleri birbirlerini çekerek yoğunlaşır ve gaz halden sıvı hale geçerler.

Sıvı halde moleküller gaz hale göre daha düzenli bir halde bulunurlar ve çekim kuvvetlerinin etkisiyle daha sınırlı hareketlerde bulunurlar. Sıvı molekülleri **Tyndal hareketi** adı verilen birbirinin üstünden kayma hareketi yaparlar.

Eğer sıvı molekülleri daha da soğutulursa, moleküllerin kinetik enerjileri daha da azalır ve sonunda **en düzenli hal** olan katı hale ulaşılır. Katılar genellikle belirli bir örgü yapısına sahip olan kristaller halinde düzenlenirler ve kristalde moleküller belirli noktalara yerleşerek bu noktalar etrafında titreşirler.

Gaz kuramının geliştirilmesi sırasında, moleküller arasındaki çekim kuvvetleri moleküllerin sahip olduğu kinetik enerji yanında ihmal edilmişti.

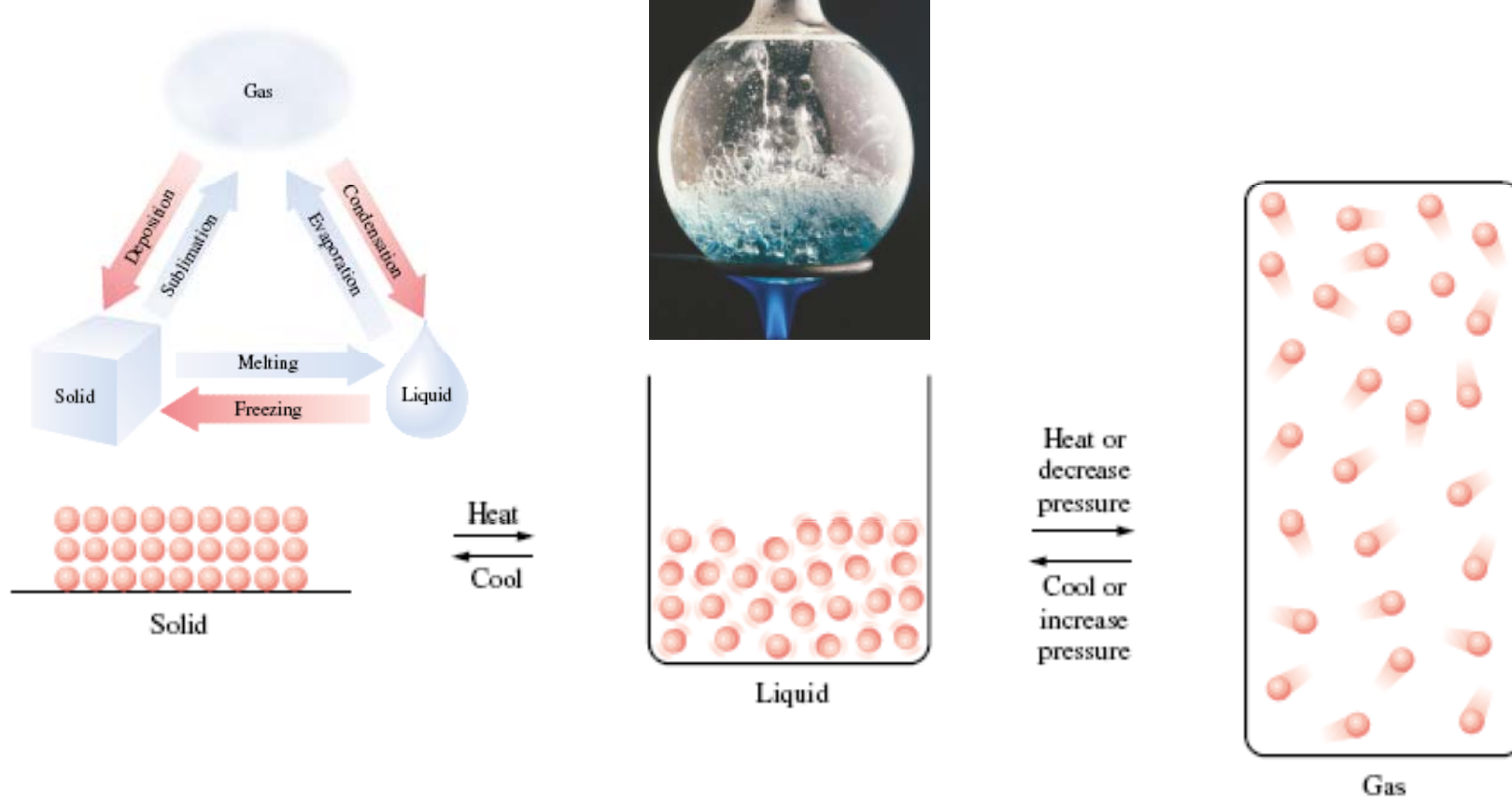
Kristallerin oluşumunun incelenmesi sırasında ise, moleküllerin (veya iyonların) oldukça düşük olan kinetik enerjileri moleküller arası çekim kuvvetlerinin yanında ihmal edilir.

**Katılar genellikle X ışınları difraksiyon teknikleri ile karakterize edilebilen çok düzenli kristal yapılar oluştururlar. Bunların yanı sıra, bir kristal yapısı göstermeyen amorf katılar da mevcuttur.**

**Sıvı hal ise gaz ile katı arasında olan bir ara haldir.** Kimyada reaksiyonların büyük bir kısmı sıvı hal olan çözeltilerde gerçekleştirilir ve sıvı halde olan çözücü ve tepkenler kullanılır.

Bu nedenle sıvı hal ve sıvı halin tüm özelliklerinin kimya öğretimi gören öğrenciler tarafından iyi anlaşılması gerekmektedir. Sıvı halin anlaşılması gaz ve katı halin anlaşılmasından biraz daha karmaşıktır.

Örneğin katı halde bulunan buz, ısıtıldığında eriyerek sıvı hale geçer, su ısıtılmaya devam edildiğinde ise gaz haldeki su buharı haline dönüşür. Veya tersine su buharı soğutulduğunda yoğunlaşarak sıvı hale geçer, soğutulmaya devam edildiğinde ise katı hal olan buz haline dönüşür. **Maddelerin tümü değil ama büyük bir çoğunluğu üç halde bulunabilirler.**



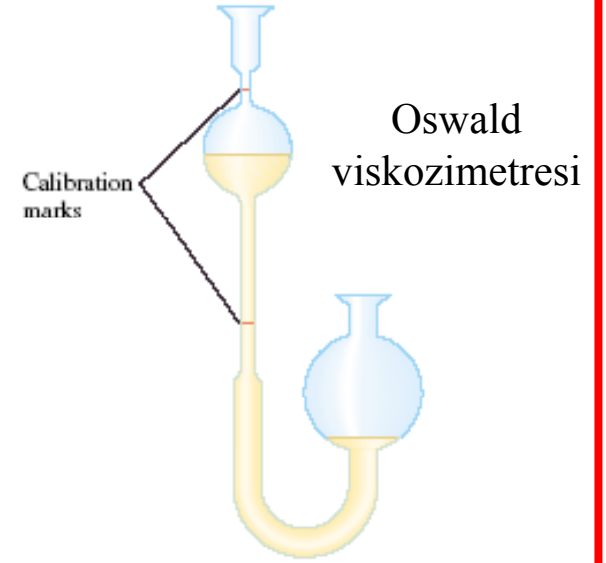
**Sıvı hal bir ara hal olduğundan ve belirli bir yapısı olmadığından nispeten yapısı tam belirlenemeyen bir haldir. Sıvı molekülleri sürekli hareket halindedirler ve hacimleri belli olmakla birlikte belirli bir şekilleri yoktur. Sıvılar akışkan bir halde olup, daima buldukları kabın şeklini alırlar.**

Bir sıvıda moleküller arasında boşluklar çok küçük olduğundan üzerine bir basınç uygulanması sıvının hacmini değiştirmez. **Yani sıvılar bastırılamazlardır.** Diğer yandan sıcaklığın artması sıvıların çoğunun hacminin bir miktar artmasına ve bunun sonucunda yoğunluğunun azalmasına neden olur. **Sıcaklığın artması moleküllerin kinetik enerjilerini artırır, moleküller arası çekim kuvvetlerini azaltır, fakat bu genişleme gazlara göre çok küçüktür.**

**Birbiri içinde çözünen iki sıvı aynı kaba koyulduğunda birbirleri içerisinde difüzlenirler. Difüzyon daima derişimin büyük olduğu yerden küçük olduğu yere doğru olur. Derişimin eşitlenmesi sonucunda homojen bir karışım meydana gelir ve difüzyon durur .**

Sıvıların difüzyonu gazlardan çok daha yavaş cereyan eder. Bunun nedeni birbirlerine yakın olan moleküller çarpışmalar nedeniyle çok yol kat edememesidir.

Herhangi bir sıvı akmaya karşı direnç gösterir. **Sıvıların akmaya karşı gösterdikleri dirence viskozite denir.**



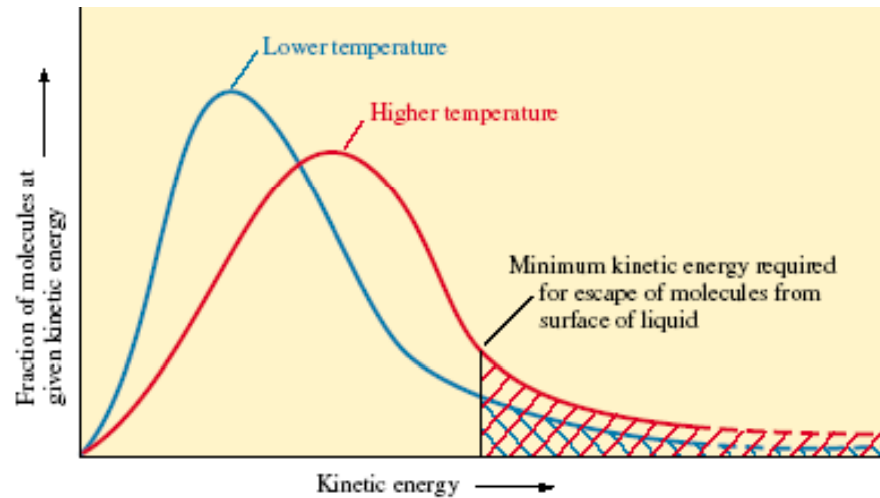
Bir sıvının viskozitesi, belli bir miktar sıvının belli bir basınç altında ince bir borudan akması için geçen süre ölçülerek bulunur. Akışa karşı gösterilen direnç büyük ölçüde moleküller arasındaki çekimden kaynaklanır. Sıvıların viskoziteleri sıcaklık arttıkça azalır.

Sıvıların viskozitesi basınçla genellikle artar. Gazların viskozitesi ise sıcaklık arttıkça moleküler hareketlilik çok fazla arttığı için artar. Sıvıların bir başka özelliği ise yüzey gerilimidir. **Bir sıvının yüzeyine dik olarak etkiyen kuvvete yüzey gerilimi denir.** Bunun nedeni moleküller arası çekim kuvvetleridir.

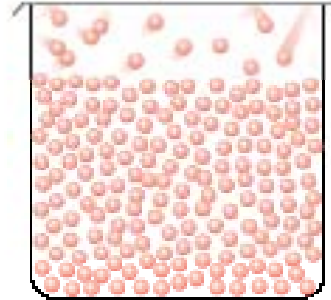
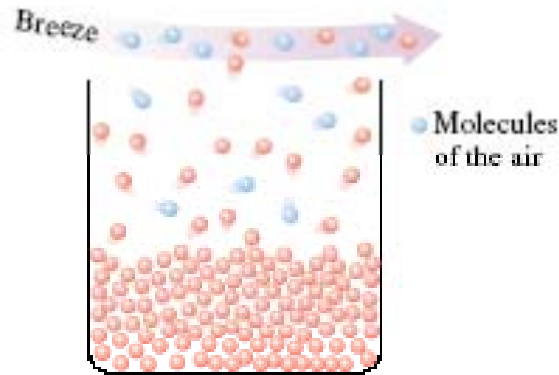


Yüzeydeki moleküller sıvı içerisindeki diğer moleküller gibi eşit kuvvette çekilmezler. Aksine sıvının içerisine doğru çekilirler. Bu nedenle sıvı yüzeyinde bir gerilim oluşur. Sıvı bu gerilimin etkisini azaltmak için yüzey alanını minimum indirmeye çalışır. Sıvı damlasının küre olmasının nedeni de budur. Bir sıvının yüzey gerilimi sıcaklık arttıkça moleküler hareketlilik artacağı için azalır.

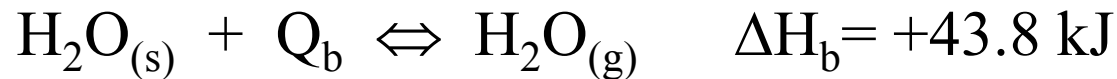
**Buharlařma, sıvı yüzeyindeki moleküllerin çarpışmalar sonucunda enerji kazanarak gaz faza geçmesi olayına verilen isimdir.** Bir sıvıyı oluşturan moleküllerinin kinetik enerji dağılımı, gaz moleküllerinin kinetik enerji dağılımına benzer bir dağılım gösterir. Kinetik enerji dağılımı sıcaklıkla gazlara benzer şekilde değişir. Sıcaklık arttıca buhar fazına geçen moleküllerin sayısı, dolayısıyla buharlaşma hızı artar. Buhar fazına yüksek enerjili moleküller kaabildiğinden, sıvı fazda kalan moleküllerin kinetik enerjileri nispeten azalır, sıvının sıcaklığı dūřer, etrafından ısı absorplar. Kolonya sūrūnce duyulan ferahlık bu nedenledir. Buna **buharlaşma ile soğuma** denir.



Çevreden ısı akması sonucu tekrar yüksek enerjili moleküller ortaya çıkar, tekrar yüzeydeki moleküller gaz fazına kaçar ve buharlaşma devam eder. **Bu olay kaptaki tüm sıvı tükeninceye kadar devam eder.** Ağzı açık bırakılan bir bardak suyun bitmesinin nedeni budur.



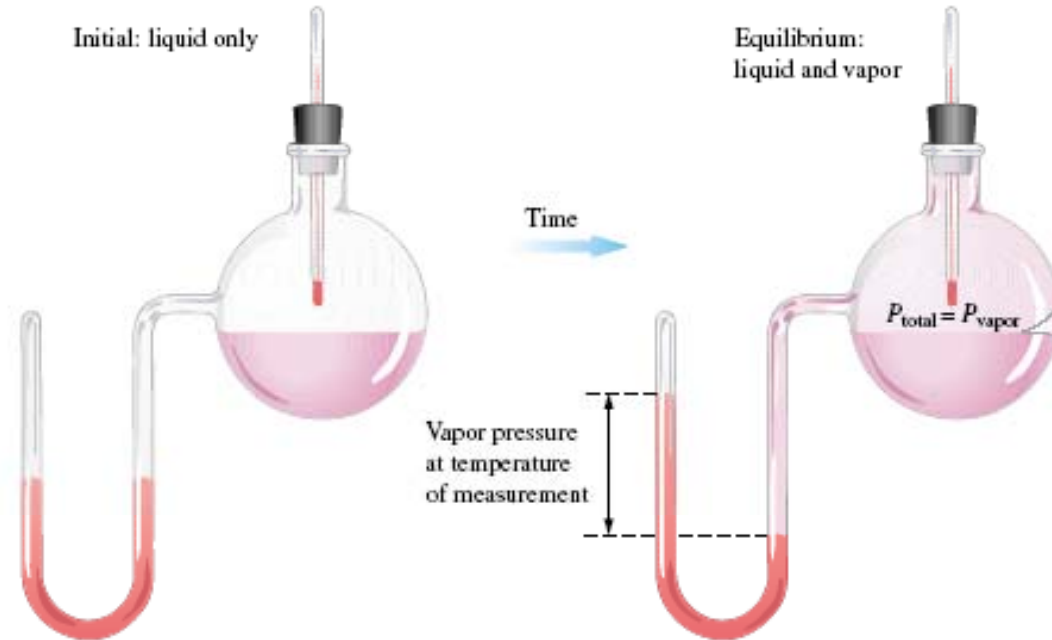
**Belli bir sıcaklıkta bir mol sıvıyı buharlaştırmak için gerekli ısıya molar buharlaşma ısı denir.** Örneğin, 25°C sıcaklıkta 1 mol suyun buharlaşması için 43.8 kJ enerji gerekir.



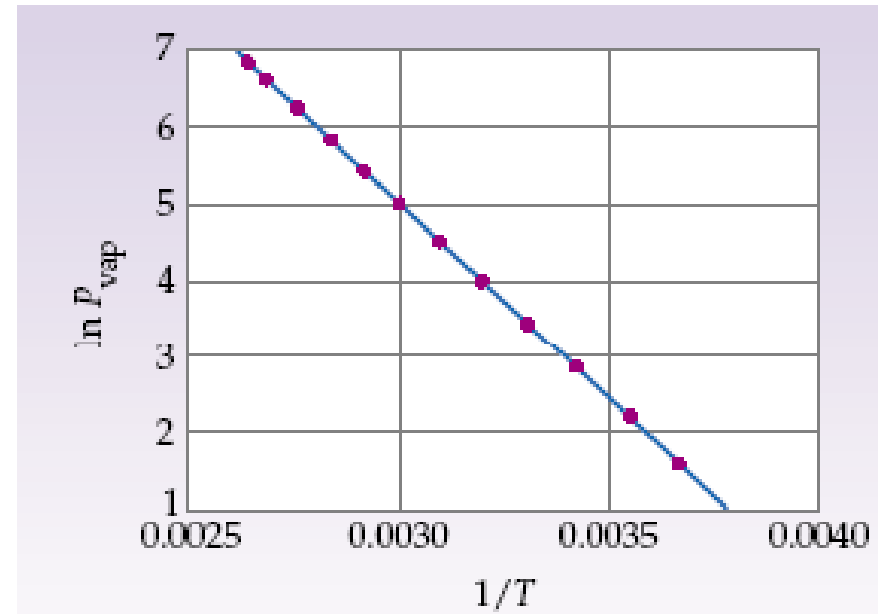
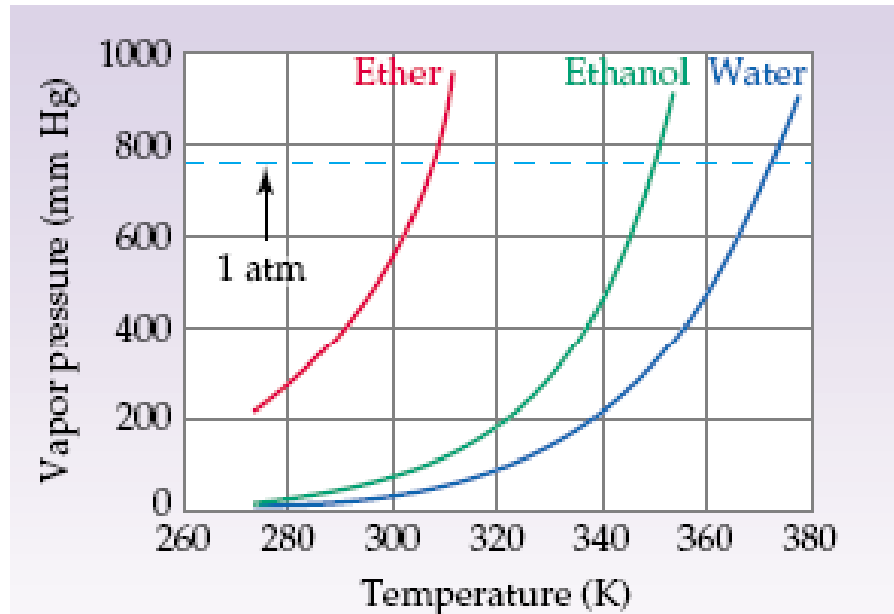
Su nerede ve nasıl buharlaşırsa buharlaşsın, bu miktar enerjiyi bir ısı kaynağından veya çevreden alarak buharlaşır. Bu nedenle, toprak testi suyu soğuk tutar, bu nedenle ıslak insan çok fazla üşür.



Kapalı bir kabın içerisinde buharlaşan sıvı molekülleri sıvı fazın çevresinden uzağa gidemez. Buhar moleküllerinin bazıları enerjisini kaybederek sıvı faza geri dönerken, bazı moleküllerinin enerjisi arttığından buhar fazına kaçarlar. Bu olay belirli bir sıcaklıkta, sıvıya dönen moleküllerin sayısı, gaz faza kaçan moleküllerin sayısına eşit olana kadar devam eder. Bu duruma **denge durumu** denir. Bu denge, kimyadaki diğer dengeler gibi dinamik bir dengedir. Belirli bir sıcaklıkta dengedeki bir sıvının yüzeyindeki buhar moleküllerinin sıvı yüzeyine yapmış olduğu basınca o sıvının **denge buhar basıncı** denir.



**Bir sıvının buhar basıncı sıcaklığa bağlı olup, sıcaklık arttıkça artar.** Aşağıdaki grafikte eter, etanol ve suyun buhar basıncı eğrileri verilmiştir. Sıcaklıkla en fazla eterin buhar basıncı artmaktadır. Yani eter bu üç sıvının arasındaki en uçucu sıvıdır. **Her eğri ancak kritik sıcaklığa kadar uzatılabilir.** Kritik sıcaklıktaki buhar basıncı, kritik basınca eşittir ve eğri bu noktada son bulur.



$$\ln P_{\text{vap}} = \left( -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \right) \frac{1}{T} + C$$

$$\begin{array}{ccccccc} \uparrow & & \uparrow & \uparrow & \uparrow & & \uparrow \\ y & = & m & x & + & b & \end{array}$$

**Bir sıvının buhar basıncının büyüklüğü o sıvının molekülleri arasındaki çekim kuvvetlerinin büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Moleküller arası çekim kuvvetleri büyük olan sıvıların buhar basınçları düşüktür.**

20°C sıcaklıkta suyun, etil alkolün ve eterin buhar basınçları sırasıyla 0.023, 0.058 ve 0.582 atm dir. Buna göre moleküller arası çekim kuvvetleri suda en büyük, eterde ise en küçüktür.

**Moleküller arası çekim kuvvetleri küçük olan sıvıların buhar basınçları da yüksektir.** Aşağıdaki tabloda buhar basınçlarına bakılarak moleküller arası çekim kuvvetleri tahmin edilebilir.

	0°C	25°C	50°C	75°C	100°C	125°C
water	4.6	23.8	92.5	300	760	1741
benzene	27.1	94.4	271	644	1360	
methyl alcohol	29.7	122	404	1126		
diethyl ether	185	470	1325	2680	4859	

**Bir sıvının üzerindeki buhar basıncının, atmosfer basıncına eşit olduğu sıcaklığa sıvının kaynama noktası denir. Eğer basınç 1 atm ise bu sıcaklığa normal kaynama noktası adı verilir.**



Bu sıcaklıkta sıvının iç kesimlerinde ortaya çıkan buhar kabarcıkları sıvının içinde patlayarak fokurdama ve çalkantıya neden olur.

Sıvının üstündeki hava basıncı daha küçük iç basınca sahip kabarcıkların oluşumunu engeller.

**Kaynayan bir sıvının sıcaklığı tüm sıvı buharlaşıp tükenene kadar değişmez.**

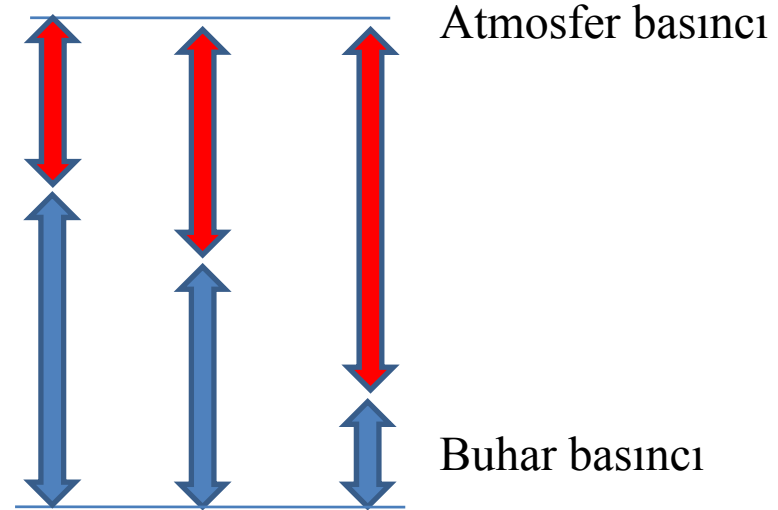
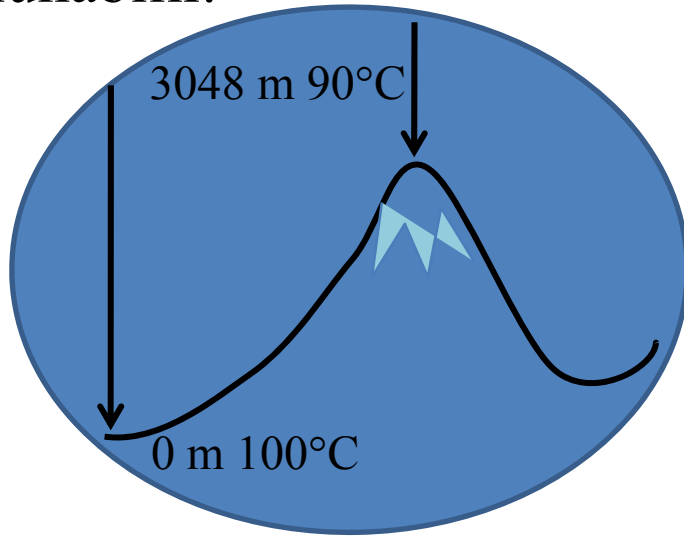
**Açık bir kaptaki kaynayan sıvının ulaşacağı maksimum buhar basıncı ise atmosfer basıncından daha büyük olamaz. Kaynama sırasında yüksek enerjili moleküller sıvıdan ayrıldığından, sıcaklığın sabit kalması için kaynayan bir sıvıya sürekli ısı verilmelidir. Isının verilme hızı ne kadar büyükse, buharlaşma hızı da o kadar büyük olur.**

**Bir sıvının kaynama noktası veya kaynama sıcaklığı dış basıncın değişmesiyle değişir.** Örneğin, suyun kaynama noktası 0.950 atm de 98.6°C, 1 atm de 100 °C ve 1.05 atm de 101.4 °C dir. Görüldüğü gibi dış basınç arttıkça kaynama noktası da artmaktadır. Veya dış basınç azaldıkça kaynama noktası da düşmektedir. Bu da Everest tepesinde neden haşlanmış yumurta yapılamayacağınıın nedenidir.

Normal kaynama noktası yüksek olan veya ısıtılınca yapısı bozunan bir sıvı, üzerindeki basınç azaltılarak daha düşük sıcaklıklarda kaynatılabilir. Vakum (düşük basınç) altında damıtmada bu yöntem kullanılır.

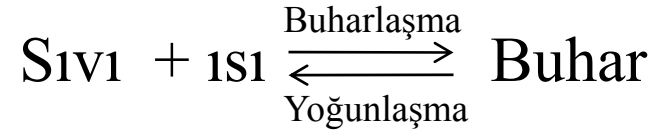
Örneğin, basıncın 0.0121 atm değerine düşürülmesiyle su, oda sıcaklığının bile çok altında olan bir sıcaklıkta, 10°C de kaynar. Pek çok gıda maddesinde bulunan ve arzu edilmeyen su, gıda maddelerini bozmadan, rengini ve diğer özelliklerini değiştirmeden düşük basınç altında kaynatılarak uzaklaştırılır. Ayrıca, bu yolla gıda maddelerine koku veren maddeler de uzaklaştırılır (deodorizasyon).

Bir sıvının kaynama noktası, ayrıca o sıvının buhar basıncının büyüklüğü ile orantılıdır. Buhar basıncı büyük olan sıvılar daha düşük sıcaklıkta, buhar basıncı küçük olan sıvılar ise daha yüksek sıcaklıkta kaynarlar. Bir sıvının kaynama noktası sıvının buhar basıncı eğrisinden bulunabilir.



Belli bir sıcaklıkta, bir mol sıvıyı buhar hale getirmek için gereken ısıya **molar buharlaşma ısısı** ( $\Delta H_b$ ) denir. Maddelerin molar buharlaşma ısıları normal kaynama noktalarında kj/mol birimi ile verilir. Buharlaşma ısısı hem moleküller arası çekim kuvvetlerini yenmek, hem de oluşan buharı genişletmek için gerekli enerjiyi kapsar.

Bir mol buharın sıvı hale dönüştürülmesiyle açığa çıkan ısıya **molar yoğunlaşma ısısı** denir. Bu ısı, molar buharlaşma ısısının mutlak değerine eşit olup sadece işareti terstir.



Bir sıvının buharlaşma ısısı sıcaklık arttıkça azalır ve maddenin kritik sıcaklığında sıfıra eşit olur.

Dar bir sıcaklık aralığında sıvıların buharlaşma ısısı sabit kabul edilerek sıvının buhar basıncı (p) ile sıcaklığı (T) arasında aşağıda verilen ilişki yazılabilir.

$$\ln p = - \frac{\Delta H_b}{RT} + C$$

Eşitlikteki  $\Delta H_b$  değeri j/mol olarak buharlaşma ısısını, R değeri 8.314 j/mol K olarak ideal gaz sabitini, C değeri ise incelenen sıvıya bağlı bir sabiti göstermektedir. Bu eşitlik eğer iki farklı durum için yazılır ve birbirinden çıkartılırsa, çok kullanışlı bir eşitlik elde edilir.

$$T_1 \text{ için : } \ln p_1 = -\frac{\Delta H_b}{R} \left( \frac{1}{T_1} \right) + C$$

$$T_2 \text{ için : } \ln p_2 = -\frac{\Delta H_b}{R} \left( \frac{1}{T_2} \right) + C$$

İki eşitlik birbirinden çıkartılırsa,

$$\ln p_2 - \ln p_1 = -\frac{\Delta H_b}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Bu eşitlik düzenlenirse,

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\Delta H_b}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Bu eşitlik Clausius-Clapeyron eşitliği olarak bilinir ve bir sıcaklıktaki buhar basıncı biliniyorsa, diğer sıcaklıktaki buhar basıncının hesaplanmasında kullanılır.  $\ln=2.303 \log$  yardımıyla log kullanılabilir.



**Örnek:** Kloroformun normal kaynama noktası 334K dir. 328K de kloroformun buhar basıncı 0.824 atm olduğuna göre bu sıcaklık aralığında kloroformun molar buharlaşma ısısı nedir?

Normal kaynama noktasındaki buhar basıncı, normal atmosfer basıncı olan 1 atm değerine eşittir. Buna göre,

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = - \frac{\Delta H_b}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{1.000 \text{ atm}}{0.824 \text{ atm}} = - \frac{\Delta H_b}{8.314 \text{ j/mol K}} \left( \frac{1}{334 \text{ K}} - \frac{1}{328 \text{ K}} \right)$$

$$\Delta H_b = 29387 \text{ j/mol} = 29.4 \text{ kj/mol}$$

Değeri bulunur.

Aslında  $\Delta H_b$  değeri sıcaklıkla değişmektedir, fakat dar bir aralıkta molar buharlaşma ısısınının sabit kaldığı düşünülmektedir.

**Örnek:** Karbon disülfürün ( $\text{CS}_2$ ) 301K deki buhar basıncı 0.526 atm dir. Karbon disülfürün 273K deki buhar basıncı nedir? Bu sıcaklık aralığında karbon disülfürün molar buharlaşma ısısı 27.6 kJ/mol olarak alınabilir.

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = - \frac{\Delta H_b}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{0.526 \text{ atm}}{p_1} = - \frac{27600 \text{ j/mol}}{8.314 \text{ j/mol K}} \left( \frac{1}{301 \text{ K}} - \frac{1}{273 \text{ K}} \right)$$

$$p_1 = 0.170 \text{ atm}$$

Değeri bulunur.

**Molar buharlaşma ısısının büyüklüğü moleküller arası çekim kuvvetlerinin bir ölçüsüdür. Buharlaşma ısısının yüksek olması, bu kuvvetlerin büyük olduğunu gösterir.**

Frederick Trouton, sıvıların çoğu için kaynama noktasındaki molar buharlaşma ısısının, Kelvin olarak normal kaynama noktasına oranının yaklaşık sabit olduğunu ve bu sabitin değerinin yaklaşık +88 j/mol K olduğunu bulmuştur.

$$\frac{\Delta H_b}{T_K} = +88 \text{ j/molK} \quad \text{Trouton Kuralı}$$

Trouton Kuralındaki  $\Delta H_b/T_K$  değerine **molar buharlaşma entropisi** denir ve  $\Delta S_b$  simgesi ile gösterilir.

**Entropi bir sistemdeki gelişigüzeğin veya düzensizliğin ölçüsüdür.** Düzenli bir sistemin entropisi düşük, düzensiz bir sistemin entropisi büyüktür. **Bir sistemin entropisi azalıyorsa, sistemin enerjisi azalıyor ve sistem daha düzenli bir hale gidiyor demektir ( $\Delta S$  negatif).** Eğer bir sistemin entropisi artıyorsa, sistemin enerjisi artıyor ve sistem daha düzensiz bir hale doğru gidiyor demektir ( $\Delta S$  pozitif). Sıvıdan buhara hale geçiş, daha düzensiz bir haldir.

Hemen tüm apolar sıvılar için sıvı halden buhar hale geçme sırasındaki entropi artışı miktarı yaklaşık aynıdır. Bu nedenle  $\Delta S_b$  değeri yaklaşık  $+88 \text{ j/mol K}$  bulunur. Su ve etil alkolde hidrojen bağları nedeniyle çekim kuvvetleri çok daha büyüktür. Bu tür sıvılarda moleküller daha düzenli olduklarından  $\Delta S_b$  değerleri apolar sıvılara göre daha yüksektir, yani Trouton kuralına uymazlar.

**Örnek:**  $\text{N}_2\text{O}$  nun normal kaynama noktasındaki buharlaşma ısı  $+376 \text{ j/g}$  dır.  $\text{N}_2\text{O}$  nun normal kaynama noktasını Trouton kuralını kullanarak bulunuz (el kitabında  $-88.5^\circ\text{C}$  dir).

$\text{N}_2\text{O}$  nun molekül ağırlığı  $44.0 \text{ g/mol}$  olduğundan molar buharlaşma ısı  $44.0 \text{ g/mol} \times 376 \text{ j/g} = 16500 \text{ j/mol}$  olarak hesaplanır.

$$\frac{\Delta H_b}{T_K} = +88 \text{ j/molK} \quad \text{olduğundan,}$$

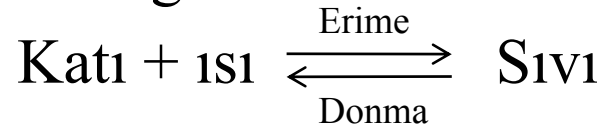
$$\frac{16500 \text{ j/mol}}{T_K} = +88 \text{ j/molK} \Rightarrow T_K = 188 \text{ K} \rightarrow t_K = -85^\circ\text{C}$$

Bir sıvı soğutulduğunda, sıvı moleküllerinin hareketi yavaşlar ve soğutmaya devam edildiğinde sıvı moleküllerinin kinetik enerjilerinin çekim kuvvetleri tarafından yenileceği ve bir kristal örgüde yer almaya izin verecek ölçüde moleküllerin enerjilerinin azaldığı bir sıcaklığa ulaşılır. Bu sıcaklığa o sıvının **donma noktası** adı verilir.

Donma noktasına ulaşıldıktan sonra, düşük enerjili moleküller yavaş yavaş kristal yapı içerisinde yer almaya başlarlar. Sıvıda ancak yüksek enerjili olanlar kaldığı için donmanın devam etmesi için sıvının sürekli soğutulması gerekir.

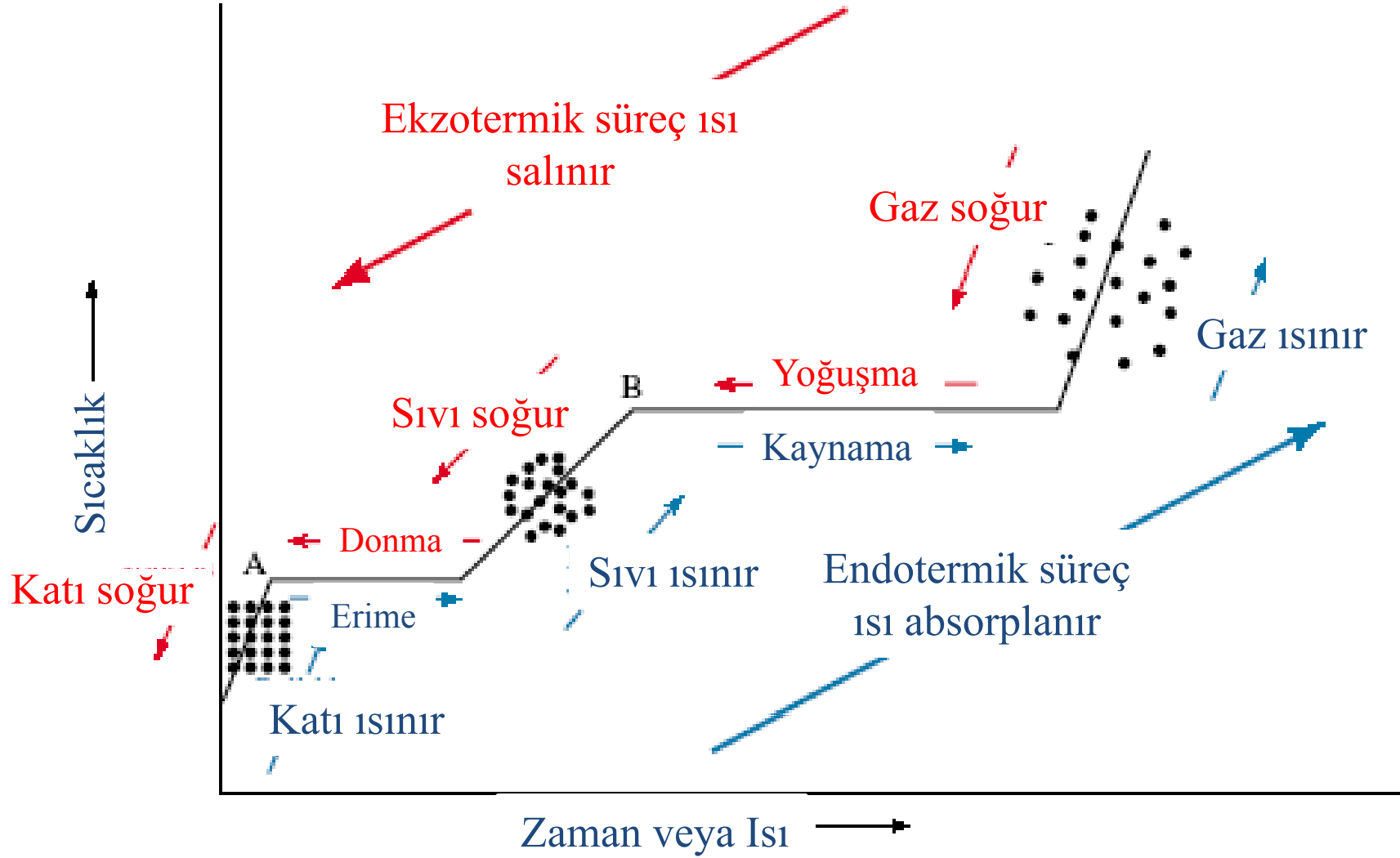
Tüm sıvı donana (katılaşına) kadar sıvının sıcaklığı değişmez. Bir sıvının **normal donma noktası** 1 atm basınçta katı ve sıvının dengede bulunduğu sıcaklıktır. Bir sıvının bir molünün donması için uzaklaştırılması için gereken ısıya **molar donma (kristallenme) ısısı** denir. Bu molar erime ısısıyla aynı fakat ters işaretlidir. Bazı durumlarda sıvılar donma sıcaklığının altına soğutuldukları halde sıvı hallerini devam ettirirler. Böyle sıvılara **aşırı soğumuş sıvılar** denir.

Aşırı soğumuş bir sıvı sarsılarak, kabın cidarı kaşınarak veya içerisine bir aşı kristali atılarak kristallendirilebilir. Bazı aşırı soğumuş sıvılar ise bu halde uzun süre hatta devamlı olarak kalabilirler. Bu tür bazı maddeler soğutulduklarında sıvı halin tüm özelliklerini barındıran bir katı faz oluştururlar. Bu tür katılar **amorft katı**, **camsı madde** veya **cam** olarak adlandırılır. Katı bir madde ısıtıldığında örgü noktalarındaki moleküllerin enerjisi artar, titreşimleri hızlanır, nihayet katı yapıdan uzaklaşacak enerjiye ulaşırlar ve kristal yapı bozulur ve katı madde erimeye başlar. 1 atm basınç altında katı ile sıvının dengede bulunduğu sıcaklığa **normal erime sıcaklığı** denir.



1 mol katıyı sıvı hale getirmek için gereken ısıya **molar erime ısı** denir. Tüm katı eriyene kadar sıcaklık değişmez. Gaz haldeki moleküllerin düzensizlikleri sıvı ve katı halden daha büyük olduğundan, erime entropisi, buharlaşma entropisinden daha küçüktür. Maddelerin kristal enerjileri farklı olduğundan  $\Delta S_E$  değerleri maddeden maddeye farklılık gösterir.

Isınma ve Soğuma eğrilerinin genel şekli aşağıda verildiği gibidir.



Normal şartlarda süblimleşmeyen tüm katılar bu grafiğe uyarlar.

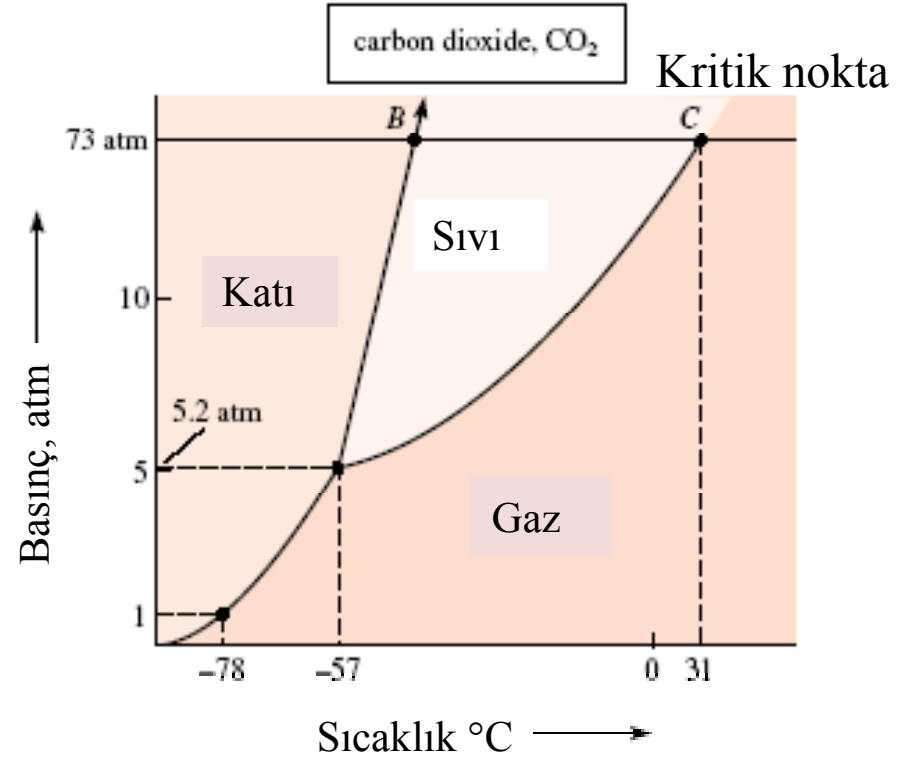
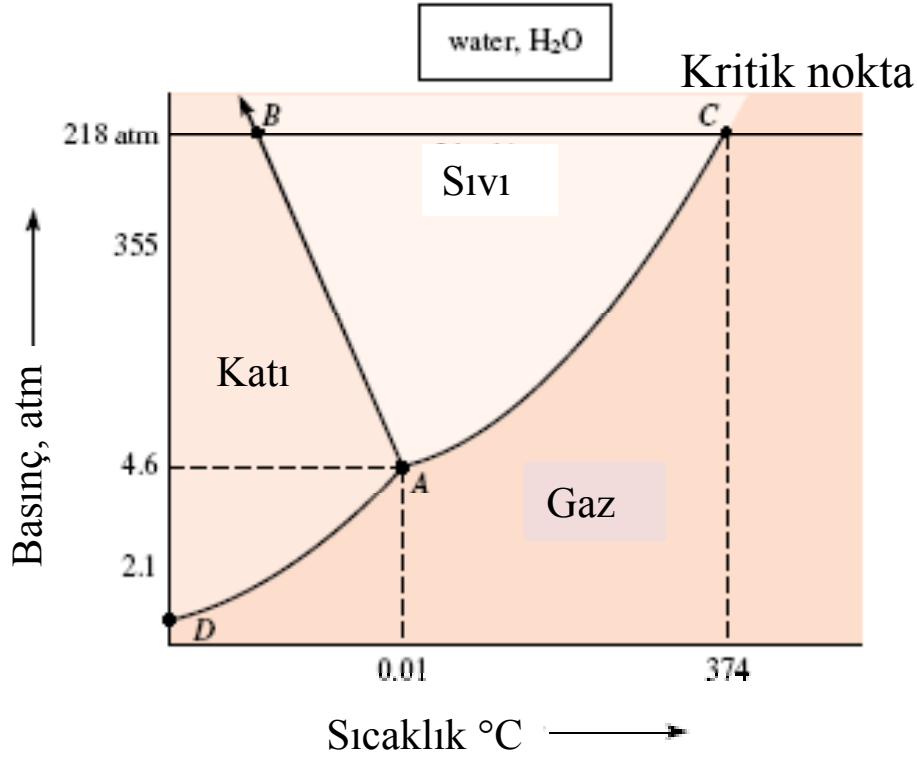
Katılarda örgü noktalarında bulunan molekül veya taneciklerin, düşük olmalarına karşın, yine bir kinetik enerji dağılımı vardır. Kristal içerisinde enerji titreşme yoluyla bir molekülden diğerine iletir.

Kristalin yüzeyinde bulunan nispeten yüksek enerjili moleküller yeterince enerjiye sahip olduklarında, sayıları çok az da olsa buhar fazına kaçarlar.

Bu nedenle düşük bile olsa katıların da bir buhar basınçları vardır. Kristal enerjisi düşük olan katıların çekim etkisini yenmeleri daha kolay olacağından, belli bir sıcaklıkta buhar basınçları kristal enerjisi büyük olan katılardan daha yüksektir. Sıcaklık arttıkça çekim kuvvetlerini yenme gücü artacağından, katıların buhar basınçları da sıcaklıkla artar.

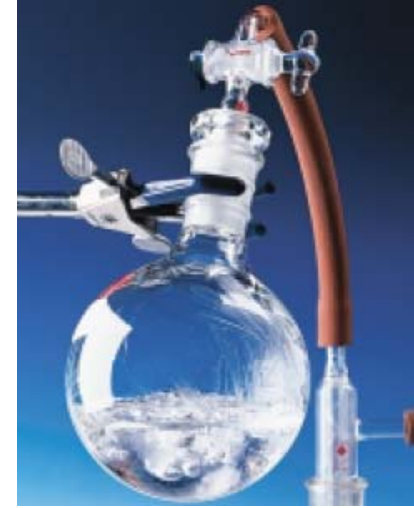
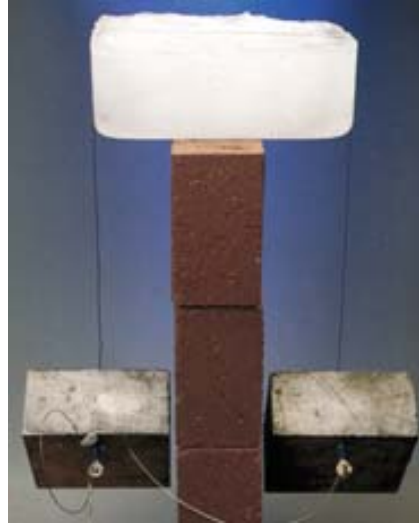
Maddelerin üç halinin birbiriyle ilişkileri faz (veya hal) diyagramları denilen bir diyagram üzerinde gösterilir. Bu diyagramlar sıcaklığa karşı, maddenin üzerindeki basıncın değiştirilmesiyle deneysel olarak elde edilirler ve her fazın diğerine karşı durumunu gösterirler.





Sadece su buharının bulunduğu (başka hiçbir gaz bulunmaz) bir piston içerisinde gerçekleştirilen bu deneysel diyagramlar üzerinde bazı noktalar, anlamayı kolaylaştırmak amacıyla abartılarak çizilmiştir. Bu diyagramlara bakılarak pek çok şey söylenebilir. A-B erime eğrisi, D-A süblimleşme eğrisi, A-C buharlaşma eğrisidir. Erime eğrisinin yatıklığının özel anlamı vardır. Eğrinin sola yatıklığı katının donunca hacminin arttığını gösterir.

Grafikteki her bir eğrinin üzerinde iki faz dengededir. Katı, sıvı veya gaz yazan bölgelerin içerisinde ise tek bir faz bulunur. A ile gösterilen nokta özel bir noktadır ve **üçlü nokta** adıyla bilinir. Bu noktada, katı, sıvı ve gaz fazların üçü birden aynı anda bulunur ve bu üç faz birbiriyle dengededir. **Görüldüğü gibi bu nokta her hangi bir madde için insan eliyle değiştirilemez.**



Katı bir madde düşük basınçlarda erimeden gaz haline dönüştürülebilir. Bu olaya **süblimleşme** denir. Süblimleşme, “freeze drying” denilen ve maddeleri bozmadan içerisindeki suyu uzaklaştırarak kurutma işleminde kullanılır (Nescafe vs.).