

## Ünite 5: Maddenin Halleri ve Isı

### Bölüm 1: Isı ve Sıcaklık

**Sıcaklık:** Bir maddenin belli bir standarda göre soğukluğunu veya ılıkliğini gösteren nicelik sıcaklık olarak bilinir.

Maddeyi oluşturan taneciklerin tek tek kinetik enerjileri aynı olabildiği gibi, farklı da olabilir. Bütün moleküllerin kinetik enerjileri toplanıp tanecik sayısına bölünürse ortalama bir değer bulunur. İşte sıcaklık dediğimiz şey madde moleküllerinin ortalama kinetik enerjileriyle orantılı bir büyüklüktür. Sıcaklık, enerji değildir. Termometre ile ölçülür.

**Isı:** Sıcaklıkları farklı iki madde arasında alınıp verilen enerjinin adıdır. Bu durumda sıcaklıkları eşit iki madde arasında ısı aktarımı gerçekleşmez. İki maddeden birinin sıcaklığının diğerinden farklı olması halinde, sıcaklığı yüksek olan maddeden sıcaklığı düşük olan maddeye enerji aktarılır. Maddenin, katı, sıvı veya gaz halinde olması ısının tanımını değiştirmez. Bir başka şekilde bir maddeyi oluşturan taneciklerin toplam hareket enerjisine ısı denir.

- Isı, bir enerji olduğu için birimi joule ( j )'dur. Bir başka ısı birimi ise kalori (cal)'dir.
- (1 kalori = 4,18 joule dür.)
- Bir maddenin sahip olduğu ısı direkt olarak herhangi bir aletle ölçülemez. Sadece maddelerin birbirine aktardığı ısı ölçülebilir. Bazı matematiksel ifadeler kullanılarak hesaplanabilir.
- Farklı sıcaklıklara sahip cisimler birbirlerine temas ettiklerinde aralarında ısı alışverişi gerçekleşir. Sıcaklığı yüksek cismin taneciklerinin sahip oldukları hareket enerjisi daha büyüktür.
- Sıcak cismin tanecikleri, soğuk cismin tanecikleriyle temas ettiklerinde enerjilerinin bir kısmını bu taneciklere aktarırlar. Böylece sıcak cisimden soğuk cisme ısı akışı olur. Sıcak cismin sıcaklığı biraz düşer. Soğuk cismin sıcaklığı biraz artar. Eğer cisimler arasındaki ısı alış verişisi sona erene kadar beklenirse her iki cismin sıcaklığı da eşit olur.
- ❖ Sıcak su torbaları, ısı alışverişi sayesinde bizi ısıtır. Üşüyen el ve ayağınıza sıcak su torbasını koyduğunuzda torbadan size aktarılan ısı, el ve ayaklarınızın sıcaklığını arttırarak üşümenizi engeller.

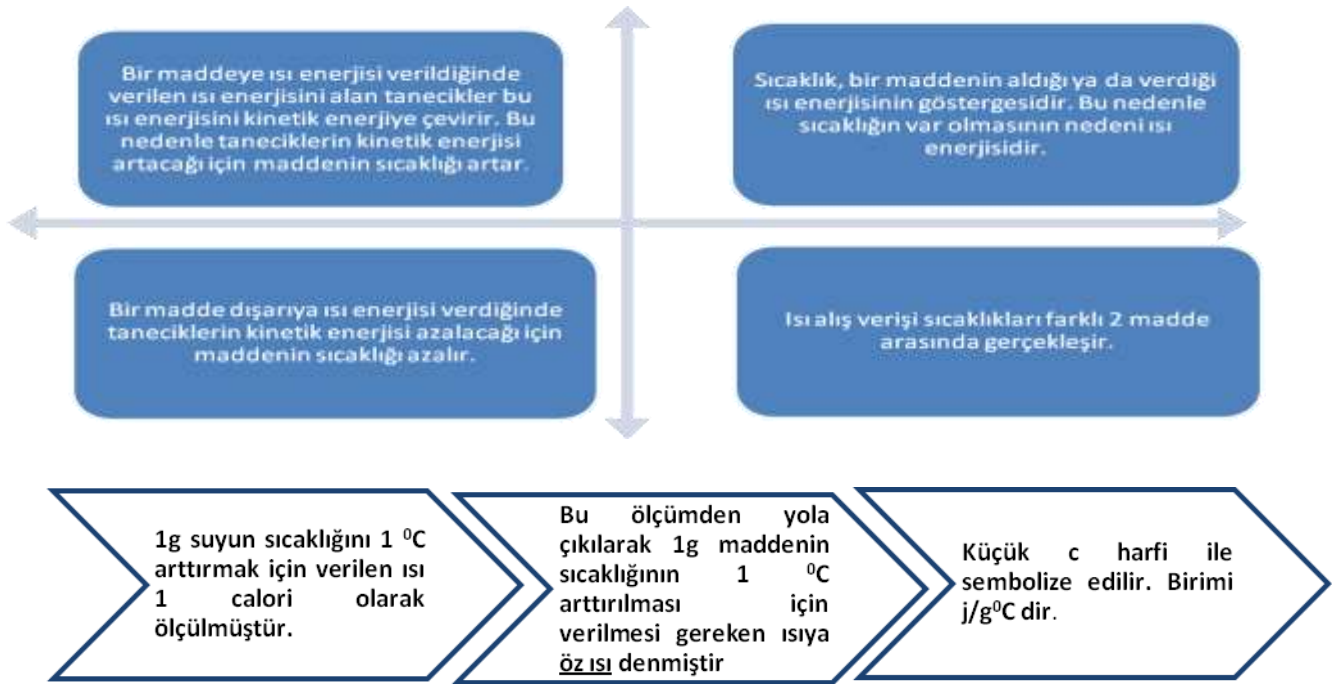
## ISI

- Bir maddeyi oluşturan taneciklerin sahip oldukları hareket (kinetik) **enerjilerinin toplamına ısı denir.**
- Isı bir enerji türüdür ve ısı enerjisi kalorimetre kabı ile ölçülür

## SICAKLIK

- Bir maddeyi oluşturan taneciklerin sahip oldukları kinetik **enerjilerinin ortalamasına** (yaklaşık bir taneciğin kinetik enerjisine) **sıcaklık denir.**
- Sıcaklık bir ölçümdür ve birimi derecedir. Sıcaklık, termometre ile ölçülür.

ISI	SICAKLIK
Isı bir enerji çeşidi	Sıcaklık ise bir ölçümdür.
Isı kalorimetre kabı ile	Sıcaklık termometre ile ölçülür.
Isı birimi kalori (cal) veya Joule,	Sıcaklık birimi ise derecedir.
Isı, madde miktarına bağlıdır	Sıcaklık ise madde miktarında bağlı değildir.



### Kütle-Sıcaklık İlişkisi

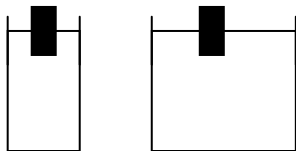
Bir ısı kaynağı ile temas halinde olan cisme devamlı ısı akışı olur ve cismin taneciklerinin hareket enerjisi dolayısıyla sıcaklığı artar.

- İçlerinde farklı miktarlarda, aynı cins sıvı bulunan kaplar özdeş ısıtıcılarla ısıtıldıklarında sıvıların sıcaklıkları artar. Ancak kütlesi fazla olan sıvının tanecik sayısı da fazla olduğu için ısıtıcıdan alınan ısı, daha fazla tanecik arasında paylaşılacaktır. Bu durumda kütlesi fazla olan sıvının sıcaklığındaki artış daha az olur
- İçlerinde farklı miktarda ve aynı sıcaklıkta su bulunan kaplar, özdeş ısıtıcılarla ısıtıldığında, suların sıcaklıklarındaki artış miktarının aynı olması için şunlar yapılmalıdır: \* Kaplardaki suların kütlesi eşit değildir. Her iki kaptaki suyun sıcaklığının eşit miktarda artması istendiğinde kaplara verilmesi gereken ısı miktarları da farklı olmalıdır (içerisinde fazla miktarda su bulunan kaba daha fazla ısı verilmelidir). \*İçerisinde az miktarda su bulunan kabın ısı kaynağı ile teması kesildikten sonra diğer kap bir süre daha ısıtılırsa her iki kaptaki suyun sıcaklığı eşit olur.

### Kütle - Isı İlişkisi

Isı, bir maddenin taneciklerinin toplam enerjisidir. Yani bir maddenin sahip olduğu ısı, taneciklerin sayısına bağlıdır.

- Sıcaklıkları aynı olan farklı hacimlerdeki(yani kütlelerdeki) iki demir bilyenin (yani aynı maddeden yapılmış) sahip oldukları ısı enerjileri farklıdır: Demir bilyelerin taneciklerinin ortalama hareket enerjileri aynıdır. Ancak bilyelerin taneciklerinin sayısı farklı olduğu için ısıları farklıdır. Büyük bilyenin tanecik sayısı fazla olduğu için ısısı daha fazladır.
- ❖ Maddelerin sahip oldukları ısı enerjisi kütleleriyle doğru orantılıdır. Yani sıcaklıkları aynı olan aynı tür iki maddeden kütlesi büyük olanın ısısı daha fazladır. Bunun nedeni kütlesi büyük olan maddede titreşen tanecik sayısının daha fazla olmasıdır.
- İçlerinde sıcaklıkları eşit, kütleleri farklı su bulunan kaplara atılan buzların erime süreleri eşit değildir. Çünkü



Kendisinden daha sıcak bir ortamda bulunan buz, ısı alış verişi nedeniyle erir. Buzun erimesi aldığı ısı miktarı ile ilgilidir. Eğer fazla ısı alırsa daha fazla erir. Kütleleri farklı olan suların sıcaklıkları aynı olsa bile ısıları farklıdır. Büyük kaptaki suyun kütlesi dolayısıyla ısı daha fazla olduğu için içindeki buzu daha çabuk eritir.

- Bir bardağın içerisinde 50 °C sıcaklıkta su, kovada ise 25 °C Sıcaklıkta su olduğunu varsayalım. Bu durumda bardakta bulunan suyun taneciklerinin mi yoksa kovada bulunan suyun taneciklerinin mi toplam hareket enerjisi (yani ısı) daha fazladır?
- Cevap: Bir kova sudaki taneciklerin toplam hareket enerjisi, bir bardak sudakinden daha fazladır. Yani sıcaklığı yüksek olan maddenin enerjisi de yüksek olacaktır diye bir şart yoktur.
- **Termometre:** Bir cismin sıcaklığı ölçmeye yarayan alete termometre denir. Termometreler; civalı, etil alkollü veya metal termometre olabilir.
- Termometredeki hazne civa veya alkol gibi sıvılarla doldurulur. Bu hazne, bir maddeye daldırıldığında veya madde ile temas ettiğinde o maddenin tanecikleri haznenin camına çarpar. Bu durumda önce madde ve cam arasında, daha sonra cam ve haznedeki sıvı arasında enerji aktarımı gerçekleşir. Enerji aktarımı sonucunda haznedeki sıvının taneciklerinin hareket enerjileri artarsa bu tanecikler daha hızlı hareket eder ve tanecikler arasındaki mesafe artar. Bu artış sonucunda tanecikler arasındaki mesafe artar. Bu artış sonucunda tanecikler hazneye sığmaz ve cam borudaki hacmi doldurmaya başlar ve sıvı seviyesi yükselir. Benzer şekilde haznedeki sıvının taneciklerinin hareket enerjileri azaldığında tanecikler arasındaki mesafe azalır ve cam borudaki sıvı seviyesi düşer. Termometreden okunan değer, termometrenin temas ettiği maddenin sıcaklığı olarak kaydedilir. Bu değer termometrenin temas ettiği maddenin taneciklerinin ortalama kinetik enerjileri ile ilişkili olarak yükselir veya düşer.

## Bölüm 2: Enerji Dönüşümü ve Öz Isı

### Enerji Dönüşümü

- Enerjinin birçok çeşidi vardır. Ve birçok enerji çeşidi birbirine dönüşmektedir.
- Bir elektrik ampulünde elektrik enerjisi ışık enerjisi dönüşürken aynı zamanda ısı enerjisi de açığa çıkar
- Bisiklete binildikten bir süre sonra aniden fren yapıldığında bisiklet tekerleklerinde sıcaklık açığa çıkar çünkü, mekanik enerji ısıya dönüşmüştür.
- Ütü, fırın, buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi gibi araçlarda elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür ve bu araçlar çeşitli alanlarda kullanılır.
- Hava serin olsa bile bir süre koştuktan sonra bunalmamızın sebebi: hareket enerjisinin ısıya dönüşmesidir.
- İki elinizi birbirine sürttüğünüzde ısınırsınız. Çünkü mekanik enerji, ısıya dönüşmektedir. ( birbirine sürtünen iki yüzeyde enerji dönüşümü gerçekleşir)
- Verilen örneklerden anlaşıldığı gibi maddelerin ısınması enerji dönüşümü ile gerçekleşir.

**Öz Isı:** Bir maddenin sıcaklığındaki artış madde miktarına bağlı olduğu gibi maddenin türüne de bağlıdır. Bir gram maddenin sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli ısı miktarına o maddenin öz ısı denir. 1 gram suyun sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli ısı miktarı 1 kalori'dir. Bundan dolayı öz ısı **cal/g °C** veya **J/g °C** birimiyle ifade edilir. Bütün maddelerin öz ısıları farklıdır. **Öz ısı** madde miktarına bağlı olmayıp madde cinsine bağlı olduğundan **maddeler için ayırt edici bir özelliktir**. Öz ısı "c" sembolü ile gösterilir.

Madde	Öz ısı (j/g °C)	Madde	Öz ısı(j/g °C)
-------	-----------------	-------	----------------

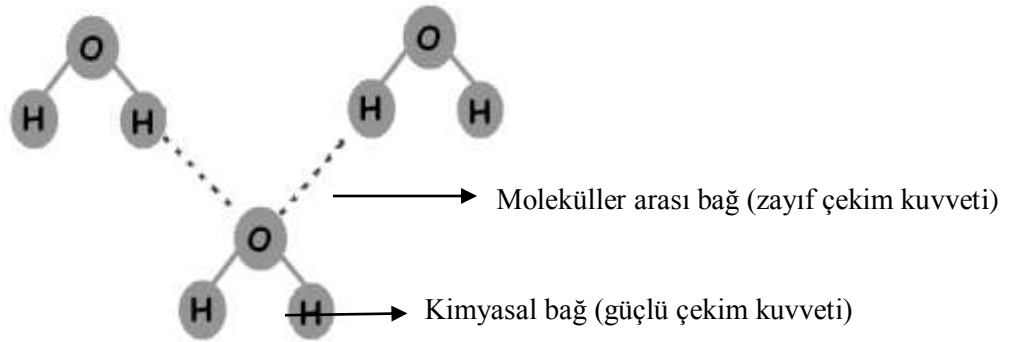
## Çeşitli ısıları

Su	4,18	Oksijen	0,92
Alkol	2,54	Civa	0,12
Zeytinyağı	1,96	Alüminyum	0,91
Demir	0,46	Kurşun	0,13
Bakır	0,37		

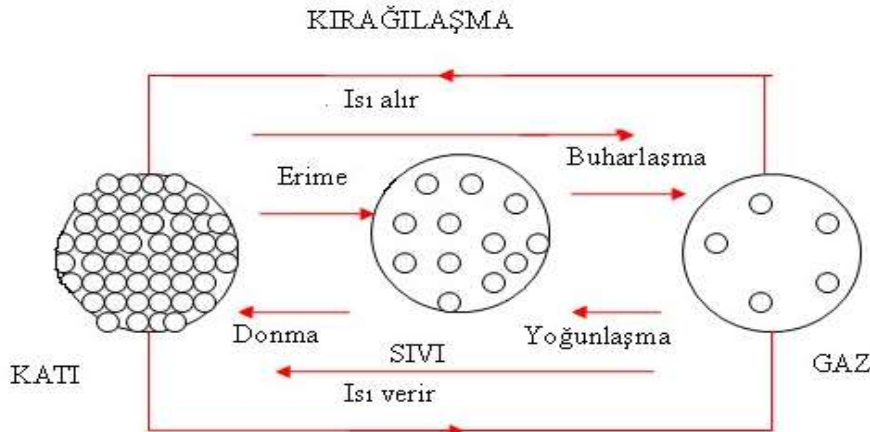
## maddelerin öz

### Bölüm 3: Maddenin Halleri ve Isı Alışverişi

- Bir maddenin moleküllerini oluşturan atomlar arasındaki çekim kuvveti çok kuvvetlidir. Bu kuvvetin (kimyasal bağların) ortadan kaldırılması için farklı kimyasal işlemler gerekir. Maddenin molekülleri arasındaki çekim kuvveti ise daha zayıftır. Maddenin farklı hallerde bulunmasının sebebi bu çekim kuvvetinin farklı büyüklüklerde olmasıyla ilgilidir.



- Bir maddenin molekülleri arasındaki mesafenin büyüklüğü moleküller arasındaki çekim kuvvetinin büyüklüğünü de etkiler. Moleküller arası mesafenin artması çekim kuvvetinin zayıflamasına neden olur
- **Katı** halde bulunan bir maddenin tanecikleri birbirine çok yakındır. Buna bağlı olarak tanecikler arasındaki çekim kuvveti de çok kuvvetlidir.
  - Katı haldeyken ısı alan maddenin taneciklerinin hareket enerjisi artar. Enerjileri artan tanecikler birbirlerinden uzaklaşmaya başlar. Böylece tanecikleri bir arada tutan kuvvet zayıflar ve madde hal değiştirerek **sıvı** hale geçer
  - Sıvı haldeki madde ısı almaya devam ettiğinde tanecikleri daha da hareketlenerek birbirlerinden uzaklaşırlar. Aralarındaki çekim kuvveti ise iyice zayıflar. Madde hal değiştirerek **gaz** haline geçer.



### SÜBLİMLEŞME

+

### Erime-Donma Isısı

Erime sıcaklığındaki 1 gram maddenin katı halden sıvı hale dönüşmesi için gerekli olan ısı miktarına **erime ısı** denir. Erime ısı  $L_e$  ile gösterilir. Birimi  $J/g$  veya  $cal/g$  dir (Erime ısı maddeler için ayırt edici bir özelliktir)

$$Q = m \cdot L_e$$

Donma sıcaklığındaki 1 gram saf sıvının katı hale dönüşmesi için çevreye verdiği ısı miktarına **donma ısı** denir. Donma ısı  $L_d$  ile gösterilir. Birimi  $J/g$  veya  $cal/g$  dir

$$Q = m \cdot L_d$$

$$L_e = L_d \text{ olur.}$$

**Erime:** Katı haldeki bir maddenin ısı alarak sıvı hale geçmesine erime denir. Katı halden sıvı hale geçen bir maddenin tanecikleri arasındaki kuvvet zayıflamıştır (yani moleküller arasındaki bağ kopar), ve tanecikler daha hızlı hareket etmeye başlar.

**Buharlaşma:** Sıvı haldeki bir maddenin ısı alarak gaz hale geçmesi olayıdır. Sıvı halden gaz hale geçen bir maddenin tanecikleri arasındaki kuvvet iyice zayıflamıştır (yani moleküller arasındaki bağ kopar) ve tanecikler artık bir arada duramaz. Tanecikler çok hızlı hareket eder.

**Yoğunlaşma:** Gaz halinde bulunan bir maddenin ortama ısı vererek (yani madde ısı kaybettiğinde) sıvı hale geçmesi olayıdır. Taneciklerin hareket enerjisi azalır ve birbirlerine yaklaşırlar. Moleküller arasında bağlar oluşur, artan çekim kuvveti sebebiyle madde sıvı hale geçer.

**Donma:** Sıvı halde olan bir maddenin ortama ısı vererek (yani maddenin ısı kaybetmesi ile) katı hale geçmesi olayıdır. Tanecikler arasında bağlar oluşur, tanecikler daha yavaş hareket eder.

### Önemli Uyarılar

1. Isı alan veya veren bir madde hem hal değişikliği hem de sıcaklık değişiminin ikisini de yapabilir.
2. Sıcaklığı değişen bir maddenin kinetik enerjisi, hal değişikliği yapan bir maddenin de potansiyel enerjisi

değişir.

3. Hal değişikliği yapan maddelerde erime ve kaynama süreleri madde miktarına bağlıdır.
4. Birden fazla sıvı karışımının olduğu bir kabı ısıttığımızda ilk önce kaynama noktası en küçük olan sıvı buharlaşır. Diğer sıvılarda bu sırayı takip eder. Kaptaki sıvının birisi kaynarken karışımdaki diğer sıvıların sıcaklığı değişmez.
5. Sıcaklıkları eşit olan maddelerde ısı alış-verişi olmaz.
6. Bir maddenin katı halden sıvı hale geçerken ve sıvı halden gaz hale geçerken yoğunluğu değişir.
7. Su hariç maddelerin yoğunlukları sıcaklıkla ters orantılıdır.

### Bölüm 4: Erime - Donma - Buharlaşma - Yoğunlaşma Isısı

**Erime ısı:** Erime sıcaklığına ulaşmış 1 gram saf katı maddenin tamamen erimesi için gerekli ısı miktarına erime ısı denir. Hal değiştiren bir maddenin aldığı ısı enerjisi, maddenin tanecikleri arasındaki mesafeyi artırarak moleküller arasındaki çekim kuvvetinin azalmasını sağlar. Her maddenin tanecikleri arasındaki çekim kuvveti aynı değildir. Bu nedenle çekim kuvvetinin zayıflatılması için maddelere verilmesi gereken ısı miktarları da aynı olmayacaktır. Yani her maddenin erime ısı birbirinden farklıdır. Bu nedenle erime ısı maddeler için ayırt edici bir özelliktir.

- Erime ısı  $L_e$  ile gösterilir. Birimi  $J/g$  dir.
- Erime ısı sadece erime sıcaklığındaki maddeler için söz konusudur. Örneğin buzun erime ısı 334,4  $J/g$  dir. Bu ısı  $-20^\circ C$  deki bir buza verildiğinde buzun sıcaklığı artar ama buz erimez. Ancak aynı ise  $0^\circ C$  deki buza verildiğinde buzun sıcaklığı artmaz ama erir. Buradan şöyle bir sonuç çıkıyor: Hal değiştiren bir maddenin sıcaklığı sabit kalır. Çünkü bu sırada maddeye verilen ısı, maddenin taneciklerinin birbirinden uzaklaştırılması için kullanılır.
- Bir miktar maddenin erimesi için gerekli ısıyı şu bağıntı ile hesaplayabiliriz:

$$Q = m \times L_e$$

Erime için gerekli ısı enerjisi      kütle      erime ısısı

**Donma ısısı:** Donma sıcaklığında bulunan 1 gram saf sıvı maddenin tamamen katı hale geçmesi için gerekli ısı miktarına donma ısısı denir. Bir maddenin katı halden sıvı hale geçmesi için ısı alması gerekir. Sıvı halden katı hale geçen madde ise çevresine ısı verir. Donan maddenin çevresine verdiği ısı miktarı, erirken aldığı ısı miktarına eşittir. Yani **bir maddenin donma ve erime ısıları birbirine eşittir**.  $L_d$  şeklinde gösterilir. (Bir madde için  $L_e = L_d$ )

**Not:** Farklı maddelerin erime ve donma ısıları birbirlerinden farklıdır. (örn: suyun erime ve donma ısısı birbirine eşittir ancak demir ve suyun erime(donma) ısıları birbirinden farklıdır.)

➤ Bir miktar maddenin donması için gerekli ısıyı şu bağıntı ile hesaplayabiliriz:

$$Q = m \times L_d$$

Donma için gereken ısı enerjisi      kütle      donma ısısı

- Katı bir madde sıvı hale geçerken dışarıdan ısı alır. Yağan kar erimeye başladığı zaman havanın biraz daha soğuduğunu hissederiz. Çünkü kar erirken çevreden ısı alır.
- Sıvı bir madde donarken dışarıya ısı verir. Su damlaları kar haline dönüşürken çevreye ısı verir. Bu yüzden kar yağarken hava sıcaklığının arttığını hissederiz.
- Derin dondurucu içerisindeki sebze ve meyvelerin buz tutmaması için dondurucu içerisine bir kap su konulur. Su donarken çevresine ısı verecek ve besinlerin donması engellenecektir.
- Bu yüzden kışları soğuk geçen bölgelerde, meyve ve sebze depolarının aşırı soğumasını önlemek için o mekana su dolu kaplar konulur. Su dolu kaplar, meyve ve sebzelerin donmasını geciktirir veya engeller.
- Saf olmayan maddelerin belirli bir donma sıcaklığı yoktur, donma olayı geniş bir sıcaklık aralığında gerçekleşir.
- Katkı maddeleri ,sıvıların donma sıcaklığını düşürdüğünden ,kışın yollardaki buzlanmayı önlemek için yollara tuz dökülür. Tuz atıldığında suyun donma noktası  $0^\circ C$ 'tan  $-15^\circ C$ ' a kadar düşebilir.
- Saf suya bir başka sıvı eklenince hal değişim sıcaklıkları değişir.
- Araç motorunun soğutulması ve camların temizlenmesi için su kullanılır. Hava sıcaklığı sıfırın altına düştüğü günlerde su donar ve araca zarar verebilir. Bu yüzden bir alkol türü olan antifiriz ,su ile karıştırılır ve araçlarda kullanılır. Antifirizli suyun donma sıcaklığı  $-40^\circ C$ 'a kadar düşer.

Madde	Erime -Donma Isısı (J/g)
Demir	117,04
Bakır	175,56
Kurşun	22,57
Alüminyum	321,02
Cıva	11,29

**Buharlaştırma ısısı:** Kaynama sıcaklığındaki 1 gram saf sıvıyı aynı sıcaklıktaki 1 gram buhar haline getirmek için gerekli

ısıdır.  $L_b$  ile gösterilir. Sıvı halde bulunan bir maddenin gaz haline geçmesi olayına buharlaştırma denir. Buharlaştırma olayının gerçekleşmesi için maddenin ısıya ihtiyaç vardır. Maddenin aldığı bu ısı, tanecikler arasındaki bağların yok olacak kadar zayıflamasına neden olur ve tanecikler birbirinden bağımsız hale gelir. Bu sırada maddenin sıcaklığı değişmez. Sıvı buharlaşırken çevresinden ısı aldığı için ve çevresini soğutur.

$$Q = m \times L_b$$

**Yoğunlaşma ısısı:** Gaz halindeki maddenin sıvı hale geçmesine yoğunlaşma denir. Kaynama sıcaklığında ve gaz halinde bulunan 1 gram maddenin, aynı sıcaklıkta tamamen sıvı hale geçerken çevresine verdiği ısıya yoğunlaşma ısısı denir.  $L_y$  ile gösterilir.

$$Q = m \times L_y$$

**Not.** Sıvılar buharlaşırken aldıkları ısıyı yoğunlaşırken geri verirler. Kaynama sıcaklığındaki buhar yoğunlaşma ısısı kadar ısı kaybettiğinde sıvı haline geçer. Bu yüzden buharlaşma ısısı yoğunlaşma ısısına eşittir. Bir madde için  $L_b = L_y$   
Buharlaşma ve yoğunlaşma ısıları maddeler için ayırt edici özelliktir

### Bazı Maddelere Ait Buharlaşma - Yoğunlaşma Isısı Değerleri

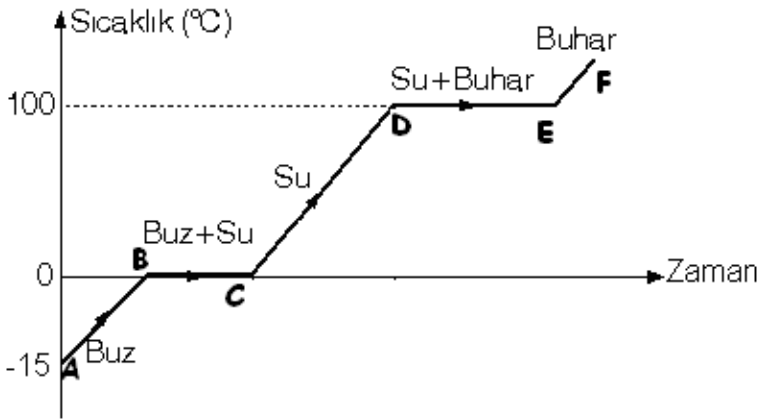
Madde	Buharlaşma - Yoğunlaşma Isısı (J/g)
Alkol	854,97
Eter	296,78
Aseton	520,41
Su	2257
Gümüş	2392

### Hal Değiştiren Saf Olmayan Maddeler (Karışımlar)

- Saf bir maddeye eklenen farklı cins madde, saf maddenin kaynama noktasını yükseltir.
- Saf bir maddeye eklenen farklı cins madde, saf maddenin donma sıcaklığını düşürür.
- Saf olmayan maddelerin belirli erime-donma-buharlaşma-yoğunlaşma noktaları (sıcaklıkları) yoktur. Hal değiştirme sırasında bu tür maddelerin sıcaklıkları sürekli değişkendir.

### Bölüm 5: ISINMA - SOĞUMA EĞRİLERİ

İçinde bir miktar ve belli sıcaklıkta buz bulunan bir kap buzlar eriyip buharlaşmaya kadar ısıtıldığında buzun tanecik modeli şeklindeki gibi değişecektir.



Grafikte sıcaklık 0 °C ve 100 °C de sabit kalmıştır. Sıcaklığın sabit kaldığı bu durumlarda madde hal değiştirmiştir. Yani 0 °C bu maddenin erime (donma) sıcaklığı; 100 °C ise bu maddenin buharlaşma (yoğunlaşma) sıcaklığıdır.

■ **Grafiğimizi açıklayalım:** A noktasında ısı alan buz taneciklerinin hareket enerjileri arttığından aralarındaki uzaklık artmıştır. A noktasından B noktasına doğru madde de sıcaklık artışı gözlenir. B noktasına yani, 0°C değerine geldiği zaman erime başlar. Artık buz taneciklerinin aldığı ısı buzun erimesi için kullanılır. Burada B ve C noktaları arasında hal değişimi olduğu için maddenin sıcaklığı değişmeyecek, buzun aldığı ısı erimeye harcanacaktır. Ancak su sürekli ısı almaya devam ederse suyun aldığı bu ısı erime tamamlanınca suyun sıcaklığının yükselmesini sağlar. C ve D noktaları arasında suyun sıcaklığı hızla yükselir. Yükselen bu sıcaklık değeri 100 °C 'ye ulaştığında sıcaklık yine sabit kalır. Alınan ısı tanecikler arasındaki bağları daha da zayıflatarak suyun artık buhar haline gelmesini sağlar. D

noktasında buharlaşmaya başlayan su, E noktasında tamamen buhar olur. E noktasından itibaren su buharına verilen ısı onun sıcaklığının sabit kalmadan artmasına neden olur.

■ Isıtıcının gücü sıcaklık- zaman grafiğini nasıl etkiler? Cevap: Kabın içindeki maddenin değişmediğini dikkate alırsak Madde yine normal erime ve buharlaşma sıcaklığında eriyip-buharlaşacaktır. Sadece bu kez maddenin tamamen buharlaşması çok daha kısa sürecektir.

■ Buhar halinde bulunan su taneciklerinin hal değişim grafiği (gaz-sıvı katı):

