

HİD253 Termodinamik İlkeleri

2. Hafta Termodinamiğin, 0ıncı, 1inci, 2nci ve 3üncü yasaları

Prof.Dr. C. Serdar BAYARI, Jeoloji Mühendislięi Bölümü Hidrojeoloji Anabilim Dalı



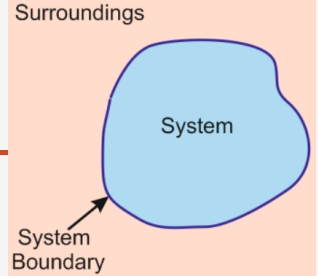
Termodinamiğin Yasaları

- Termodinamiğin 4 yasası aşağıda özetlenmiştir:
- Sıfırıncı yasa: Eğer A ve B cisimleri üçüncü bir C cismi ile ayrı ayrı termal (ısı) dengede ise, o zaman A ve B cisimleri birbirleri ile termal (ısı) dengededir.
- Birinci Yasa: Enerji yoktan var edilemez, vardan yok edilemez. Çevresinden izole bir sistemin enerjisi sabittir. Buradaki izole sözcüsü günlük dilden farklı olarak kütle, iş ve enerji giriş çıkışı açısından izolasyona karşılıktır.
- İkinci Yasa: Enerji her zaman daha faydalı konumdan daha az faydalı konuma geçer. Bu durum evrenin entropisinde artışa neden olur,
- Üçüncü Yasa: Mutlak sıfır ($0\text{ }^{\circ}\text{K} = -273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) sıcaklıkta entropi (içsel düzensizlik) maksimum düzeydedir. Evrende faydalı iş yapacak tüm enerji entropi şeklinde kullanılamayan enerjiye dönüşmüştür.

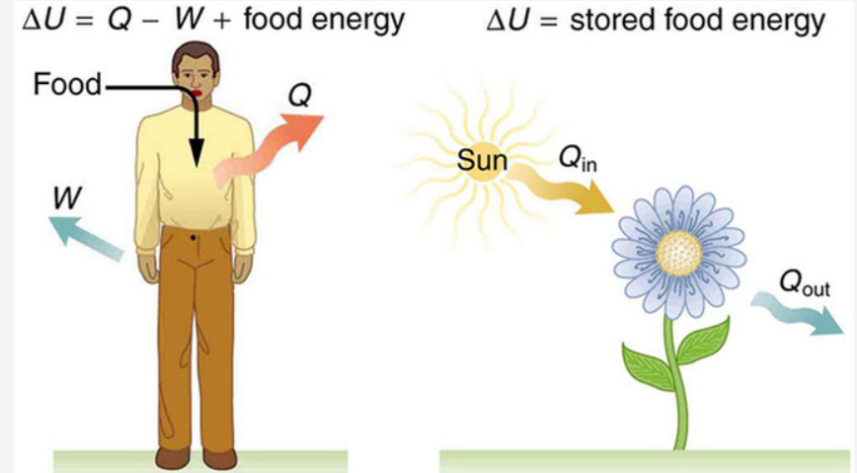


Termodinamiğin Birinci Yasası

- Termodinamiğin Birinci Yasası, enerjinin korunması ilkesinin temelidir. Enerjinin korunumu, enerjinin farklı bir forma dönüştürülebileceğini, ancak hiçbir zaman tamamen kaybolmadığını belirten fiziksel bir yasadır.
- Birinci yasaya göre Enerji vardan yok edilemez, yoktan var edilemez. Sadece bir biçimden diğerine dönüştürülebilir (örneğin ısıdan elektrığe). Buna karşın dışarıdan (çevre) sisteme (ilgilendiğiniz şey) enerji eklenebilir. Enerji kendiliğinden ortaya çıkamaz. Eğer bir sistem ya da cisim enerji kazanırsa bu enerji mutlaka başka bir kaynaktan sağlanmak zorundadır.
- Bir otomobildeki içten yanmalı motor benzin yaktığında, ısı enerjisi üretir. Motor daha sonra bu ıyı pistonları sürmek ve bir krank milini döndürmek için kullanır ve ıyı mekanik enerjiye dönüştürür. Bu süreçte kimyasal enerji ısı enerjisine, ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşmüştür.
- Bir omlet tavası normal koşullarda oda sıcaklığı ile dengede bir ısı içeriğine sahiptir. Aynı tava, kendi kendini ısıtamaz. Ama, yanan ocağın üzerine konulduğunda alevden gelen ıyı absorblayarak ısınır. Tavada depolanan ısı enerjisi sonucunda, tavayı oluşturan moleküllerin kinetik enerjileri artacağından tavanın sıcaklığı da artar. Sahip olunan ısı enerjisinin büyüklüğü atomik düzeydeki hareketlilik düzeyine bağlıdır. Hareketlilik ne kadar fazla ise sahip olunan ısı da o denli yüksektir ya da sahip olunan ısı enerjisi ne denli büyük ise atomik hareketlilik te o denli yüksektir. Sıcaklık birim kütle başına sahip olunan ısı enerjisi büyüklüğünün göstergesidir.
- Soru: $T = Q/(m \cdot c)$ eşitliğini kullanarak, sıcaklık, ısı ve ısı kapasitesi terimlerini tanımlayınız.



$$\Delta U = Q - W$$

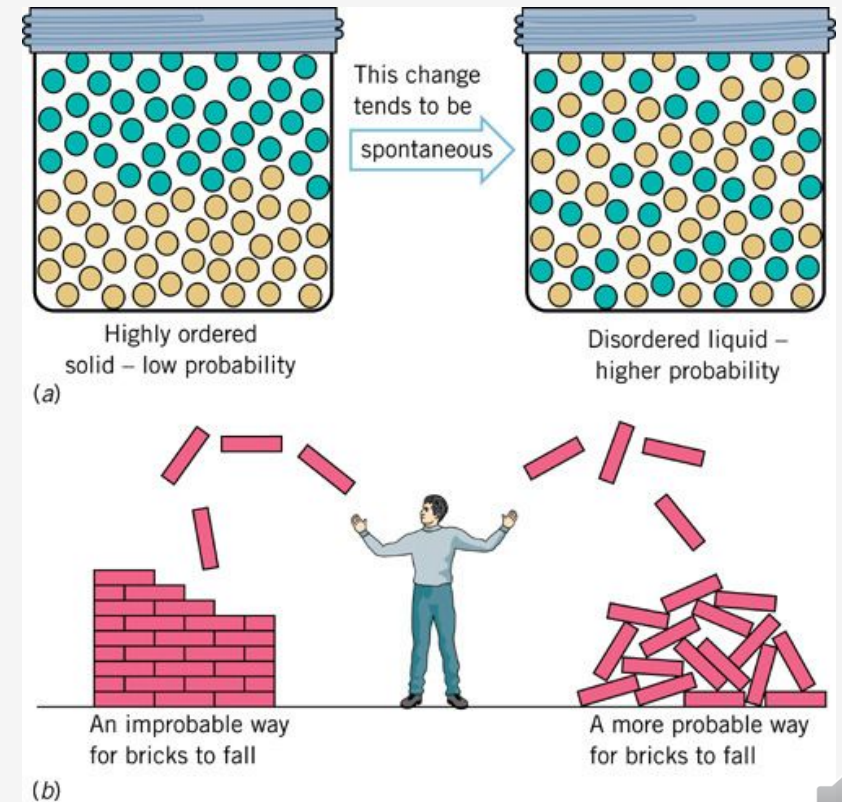


$$\Delta U_{\text{system}} = \Delta U_{\text{surroundings}}$$



Termodinamiğin İkinci Yasası

- Termodinamiğin Birinci Yasası enerjinin yok edilemeyeceğini ya da yoktan var edilemeyeceğini belirtirken (yani enerji dönüşebilir ama korunur, yok olmaz), termodinamiğin İkinci Yasası, ısı enerjisinin (ve diğer tür enerjilerin) tamamen (%100 oranında) mekanik enerjiye dönüştürülmesinin imkânsız olduğunu belirtir (Entropi kavramı bu durumla ilgilidir).
- Bu durum izole bir sistemdeki entropi seviyesinin (veya moleküler düzendeki rassallığa/düzensizliğe yönelik eğilimin) her ya zaman sabit olduğu ya da artacağı şeklinde de ifade edilmektedir.
- Bir arabanın egzoz borusundan çıkan ısıyı hissetmişsinizdir. Benzinli otomobil motorları, benzinin yanması sonucu oluşan ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için tasarlanmıştır. Bununla birlikte, bu işlem %100 verimlilikle gerçekleşemez. Bu durumun kanıtı egzoz gazlarıyla birlikte kaybedilen ısıdır.
- Termodinamiğin İkinci Yasası, ısı enerjisini tamamen mekanik enerjiye dönüştürmenin imkânsız olduğunu belirtir. Bunu ifade etmenin başka bir yolu, izole bir sistemdeki entropi seviyesinin (veya düzensizliğin) her zaman sabit kalacağını veya artacağını söylemektir.



Termodinamiğin İkinci Yasası

- Birinci yasa, enerjinin korunumunu ifade ederken ikinci yasa enerjinin işe dönüşebilme süreci ile ilgilidir. İkinci Yasa olayların herhangi bir yönde değil, belirli bir yönde gerçekleşeceğini söyler. Termodinamiğin Birinci ve İkinci Yasası'na uymayan bir olay/süreç gerçekleşemez. Enerjinin kendisini yok etmesi mümkün değildir. Ama, enerji her zaman % 100 verimle kullanılamaz, başlangıçtaki enerjinin bir bölümü her zaman faydasız bir işe harcanır (örneğin, harekete karşı gelen sürtünmenin engellenmesi). Termodinamiğin İkinci Yasası, gerçekleşen olayların entropiyi artıracak yönde (bir kısım enerjinin faydalı iş açısından boşa harcanması yönünde) gerçekleştiğini ifade etmektedir. Özetle, "Enerjinin tamamı faydalı işe çevrilemez, bir kısmı fayda üretmeyen bir enerji formuna dönüşür."
- İkinci yasaya göre, herhangi bir süreçte bir sistem ve çevresindeki entropi değişimi ya "sıfır" ya da "pozitiftir". Yani evrenin entropisi sürekli artma eğilimindedir. Bu durumda, ikinci yasaya göre evrendeki enerji zaman ilerledikçe daha az faydalı iş yapabilir hale gelecektir. Diğer bir deyişle sonuçta evrenin enerjisi azalmayacak ama bu enerji ile faydalı iş yapmak mümkün olmayacaktır.

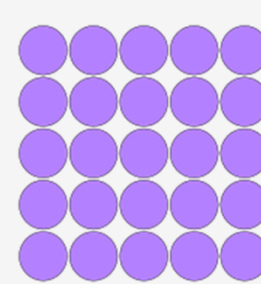


Second law of Thermodynamics

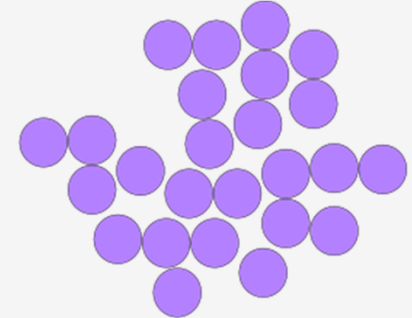
$$\Delta S \geq 0$$

$$\frac{dS}{dt} \geq 0$$

Product



Low Entropy



High Entropy

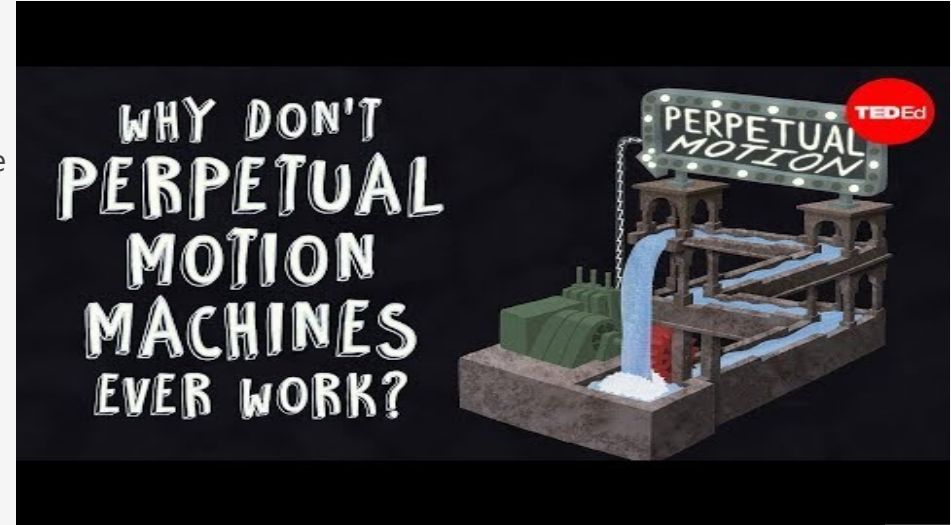


Termodinamiğin İkinci Yasası

- Bir sistemin enerjisi ne kadar fazla ise o kadar fazla iş yapılabilir. Bununla birlikte, bir sistemin sahip olduğu enerjinin tümü faydalı iş yapmada kullanılamaz, bir kısım enerji ziyan olur. Ziyan olan bu enerji yok olmaz ama faydalı bir iş yapılmasında kullanılmamaktadır. Ziyan olan bu enerji kısmı sistemin içsel yapısı/düzeni ile ilgilidir (bkz. Entropi). Faydalı iş yapabilmeye kullanılan enerji genellikle serbest enerji olarak da adlandırılır. Serbest enerji, bazen ekserji (exergy) olarak da adlandırılır.
- Enerji ve termodinamik kavramlarının ilk kez ortaya çıktığı dönemlerden başlayarak pek çok kişi yoktan enerji üretmek ya da var olan enerji ile sonsuza değin iş yapan makineler geliştirmek için yoğun çaba harcamışlardır. Termodinamik ilkelerinden habersiz bireylerin günümüzde de bu tür girişimde bulundukları görülmektedir (bkz. https://tr.wikipedia.org/wiki/Erke_D%C3%B6nergeci). Bu tür makinelere "sonsuz devinim (Tr. çalışma) makinesi" (İng. Perpetual machine) denmektedir. Türkçe'de "Con Ahmet Makinası" olarak ta anılır.
- Soru: Con Ahmet Makinasının neden yapılamayacağını açıklayınız.

Video: Con Ahmet Makinası neden yapılamaz?
<https://www.youtube.com/watch?v=A-QgGXbDyR0>

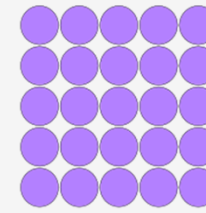
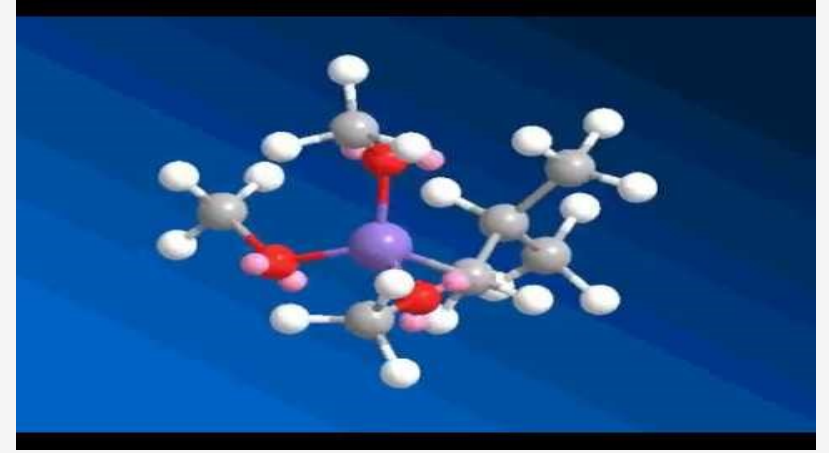
Settings > subtitles Turkish ve cc on seçerek videoyu Türkçe altyazılı izleyebilirsiniz



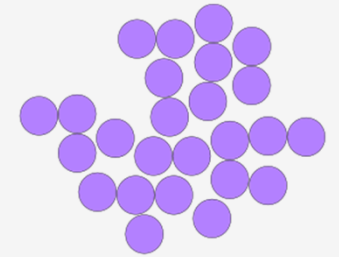
Termodinamiğin Üçüncü Yasası

- Basit bir ifadeyle, üçüncü yasa, saf bir maddenin mükemmel kristalinin entropisinin, sıcaklık sıfıra yaklaştıkça sıfıra yaklaştığını belirtir. Üçüncü yasaya göre evrende en düşük sıcaklık 0 °K'dir. Bu sıcaklığa yaklaşılabılır ancak ulaşamaz (Ulaşılabilen 2.0×10^{-8} K). 0 Kelvin derecesi= -273.15 0 °C
- Sağdaki videoda görüldüğü gibi atomlar ısı enerjisinden kaynaklanan kinetik enerjileri nedeniyle titreşirler. $T=Q(m*c)$ olduğundan ısı enerjisi sıfıra yaklaştığında sıcaklıkta sıfıra yaklaşır ve atomik vibrasyonda durma noktasına yaklaşır. Termodinamik açıdan videodaki titreşim anlarından her biri bir mikro durumdur (micro state). Bunların ortalaması tek bir makro duruma (macro state) karşılık gelir.
- Mutlak sıfır sıcaklıkta vibrasyon olmadığından system makro durumdadır ve ideal kristaldeki atomların yerleri kesin bir düzene sahiptir. Bu durumda düzensizliğin göstergesi olan entropi $S = 0$ değerine sahiptir.
- Isı enerjisi, sıcaklık, atomik kinetik enerji arttıkça düzen bozulur, düzensizlik (rassallık) başlar, tek bir makro durum yerine çok sayıda mikro durum söz konusudur. Bu durumda $S \geq 0$ olur.
- 2nci yasaya göre düzenli yapılar sürekli bozulduğundan evrenin entropisi (düzensizliği) sürekli artmaktadır.

Resmin üzerine çift tıklayın ya da bağlantıyı kullanın.
<https://www.youtube.com/watch?v=9N85S21thUs>.



Low Entropy



High Entropy

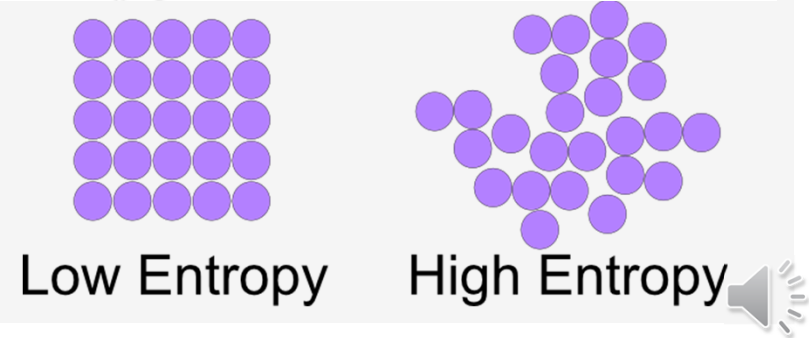
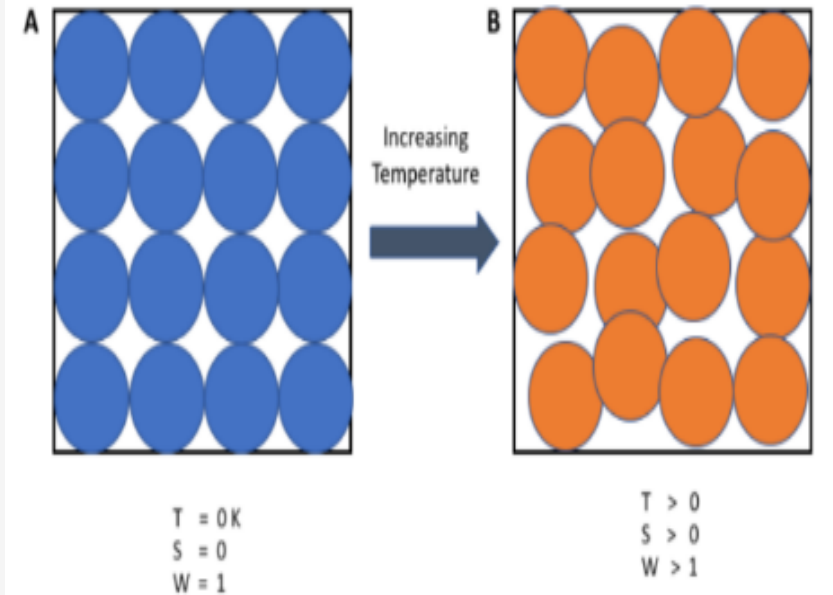


Termodinamiğin Üçüncü Yasası

- Büyük bir sistem için entropinin istatistiksel-mekanik tanımı (S entropi, S_0 , mutlak sıfır sıcaklıktaki referans durumunun entropisi, k_B Boltzmann sabiti ve Ω makroskopik konfigürasyonla uyumlu mikro durumların sayısı) olmak üzere aşağıdaki gibidir (Boltzmann sabiti $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K)

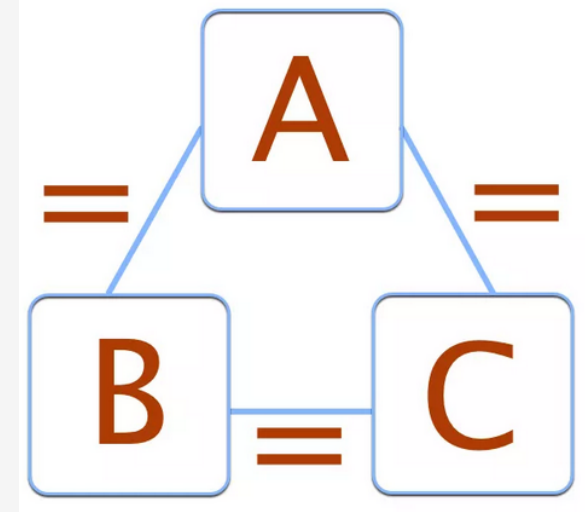
$$S - S_0 = k_B \ln \Omega$$

- Basit bir ifadeyle, üçüncü yasa, saf bir maddenin mükemmel kristalinin (örğ. içinde başka hiçbir element içermeyen karbon elementinden oluşan mükemmel bir kristal= elmas) entropisinin, sıcaklık mutlak sıfıra yaklaştıkça sıfıra yaklaştığını belirtir. Mükemmel bir kristalin kristal örgüsü, kristali oluşturan her bir atomun konumu ve yönelimi konusunda hiçbir belirsizlik içermez. Kristalin enerjisi düştükçe, tek tek atomların titreşimleri sıfıra indirgenir ve kristalin örgü yapısı her yerinde aynı olur.
- Sağ üstte, soldaki şekilde $T = 0^\circ\text{K}$ sıcaklıkta, sağdaki şekilde $T > 0^\circ\text{K}$ sıcaklıkta kristal örgüsündeki durum gösterilmektedir. Soldaki durumda mutlak sıfır sıcaklıkta atom titreşimi durduğundan atom konumları sabittir yani olası mikro durumların ($\Omega=W$) sayısı 1'dir. Bu durumda, $\ln(1) = 0$ olduğundan yukarıdaki eşitliğe göre $S = 0$ yani entropi sıfır olmaktadır. Her iki şekil birlikte değerlendirildiğinde entropinin $S \geq 0$ olacağı anlaşılmaktadır. Bu anlamda, entropi artışı atom konumları açısından bir tür düzensizliği (İng. disorder) ya da rastsalılığı/rastlantısallığı (İng. randomness) arttıran bir etkidir (ya da tersi).



Termodinamiğin Sıfıncı Yasası

- Bu yasanın adındaki ilginçlik, yasanın kendisinden önce oluşturulmuş ve adlandırılmış üç ayrı termodinamik yasasından daha sonra tanımlanmasından kaynaklanmaktadır. Ralph H Fowler bu yasanın önceki yasaların temelini oluşturması nedeniyle "Sıfıncı yasa" olarak adlandırılmasını önermiş ve bu öneri termodinamik bilimciler arasında kabul görmüştür
- Termodinamiğin Sıfıncı Yasası, iki sistemin (örğ. A ve B sistemleri) her ikisi de üçüncü bir sistemle (örğ. C sistemi) ayrı ayrı termodinamik dengeye ulaşırsa ($A=C$ ve $B=C$), o zaman bu iki sistemin de birbiriyle termodinamik dengede olacağını ($A=B$) belirtir.
- Termodinamik denge, iki sistem arasında ısı (ya da diğer türlerdeki enerji) akışının durmasıdır. Termodinamik dengeye ulaşıldığında artık ısı transferi yoktur.. Aynı odaya birkaç saat boyunca bir kap kaynar su ve bir tepsi buz küpü koyarsanız, kaynayan suyun sıcaklığı odanın sıcaklığına inecek, buz eriyecek ve oluşan suyun sıcaklığı oda sıcaklığına yükselecektir.



Ders Videoları 1/2

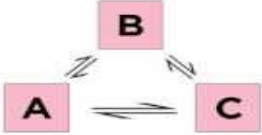
Videoları çift tıklayarak ya da bağlantısını kullanarak açın.
Video ayarlarında Settings Subtitles Turkish ve cc on tıklayarak Türkçe alt yazılı izleyebilirsiniz.

Video: Sıfırıncı Yasa

<https://www.youtube.com/watch?v=S2hsaTO0bO8>



Zeroth Law of Thermodynamics
if two systems are in thermal equilibrium with a **third system** then those two are in thermal equilibrium with **each other**



Video: Birinci Yasa

<https://www.youtube.com/watch?v=O7HwhkYt6YU>

$\Delta U = Q - W$



1) constant volume $W = 0$ isovolumetric
2) constant temperature $\Delta U = 0$ isothermal
3) no heat transfer $Q = 0$ adiabatic
4) $Q = 0$ and $W = 0$

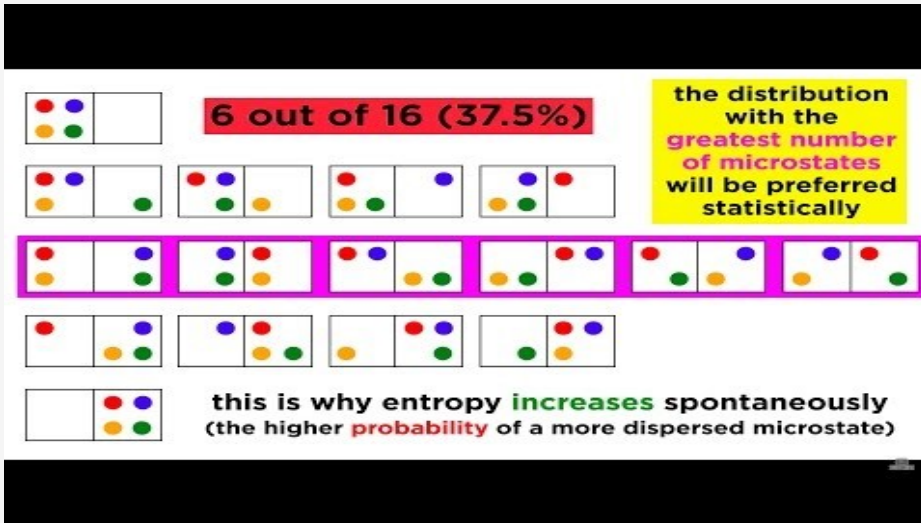


Ders Videoları 2/2

Videoları çift tıklayarak ya da bağlantısını kullanarak açın.
Video ayarlarında Settings Subtitles Turkish ve cc on tıklayarak Türkçe alt yazılı izleyebilirsiniz.

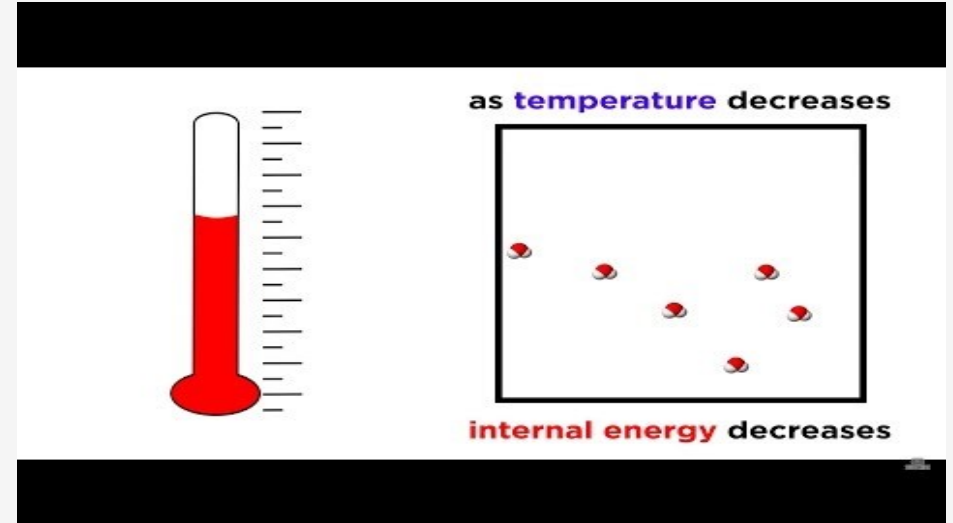
Video: İkinci Yasa

<https://www.youtube.com/watch?v=MrwW4w2nAMc>



Video: Üçüncü Yasa

<https://www.youtube.com/watch?v=kuGmsnzjbpE>



Neler öğrendik?

Termodinamiğin 1. Yasası ?

Termodinamiğin 2. Yasası ?

Termodinamiğin 3. Yasası ?

Termodinamiğin 0. Yasası ?

Entropi ?

Sistem ?

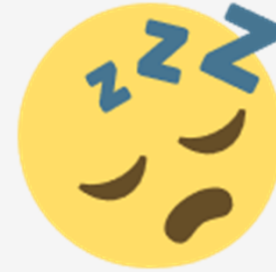
Isı ?

Sıcaklık ?

Isı kapasitesi ?

İçsel enerji ?

Con Ahmet Makinası ?



$$\Delta S \geq 0$$

