

# TERMODİNAMİK

## Temel Kavramlar

### VE

# ISI TRANSFERİ

**Süreyya AKMAN**

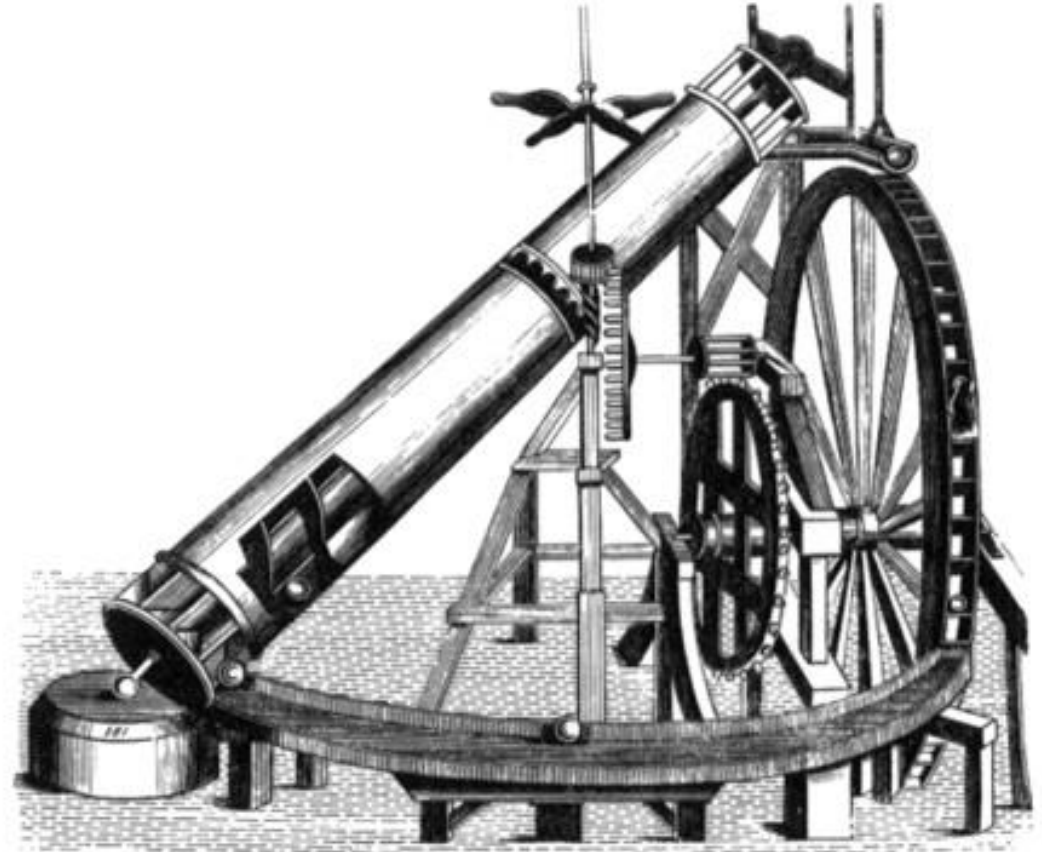
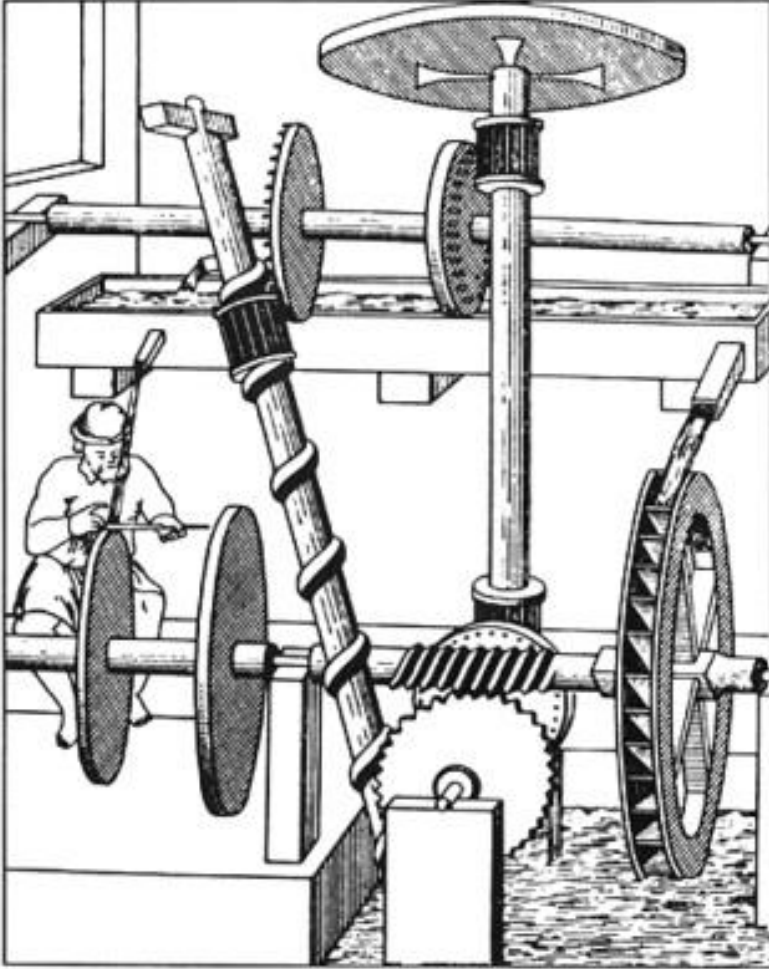
Kimya Yüksek Mühendisi



T.C. ENERJİ VE TABİİ  
KAYNAKLAR BAKANLIĞI

# TERMODİNAMİK yasaları

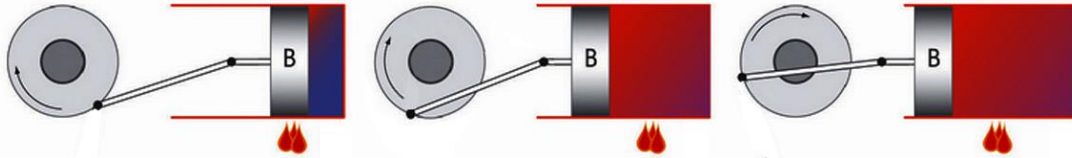
Olabilir mi ?



# TERMODİNAMİK VE UYGULAMA ALANLARI

Termodinamik, Latince « *therme* » (ısı) ile « *dynamis* » (güç) sözcüklerinden türemiş ve eski dönemlerde ısının işe dönüştürülmesini tanımlamak için kullanılmıştır.

Termodinamik, özellikle ısı enerjisinin bir formdan diğer bir forma nasıl dönüştüğü ve bu dönüşüme aracı olan olan maddeyi (akışkanı) nasıl etkilediği ile ilgilenir.



<http://www.bdh-koeln.de/en/owners/efficient-and-renewable-energies/cogeneration-of-heat-and-power-chp.html>

Termodinamik, enerji dönüşüm olaylarını inceleyen bilim dalıdır. Makine mühendisliğinde ise, bu enerji dönüşümüyle makine arasındaki ilişkiyi inceler.

# TERMODİNAMİK VE UYGULAMA ALANLARI

Bazı temel uygulama alanları şunlardır

- Isıtma ve iklimlendirme sistemleri
- Buzdolabı, nemlendiriciler ve diğer soğutucular...
- Duş sistemleri, ütü, saç kurutma makinesi, su ısıtıcıları...
- Bilgisayar, TV ve VCR...
- Taşıt motorları, jet ve roket motorları
- Nükleer güç üniteleri
- İnsan vücudu - çevre ilişkisi
- Güneş enerjisi sistemleri

# TERMODİNAMİK VE UYGULAMA ALANLARI

Termodinamiğin uygulama alanları yukarıda yazılanlarla sınırlı değildir.

Günlük hayattaki bir çok olayın termodinamik açısından açıklaması vardır. Örneğin;

- belli bir yükseklikte tutulan bir taşın yükseklikten dolayı sahip olduğu potansiyel enerji, taş bırakıldığında yani taş düşerken kinetik enerjiye dönüşür.

Enerji bir şekilden, başka bir şekle dönüşür.



# TERMODİNAMİK VE UYGULAMA ALANLARI

Örneğin;

- masada duran sıcak bir fincan kahve, zamanla soğur. Sıcaklığı, çevre sıcaklığından yüksek olduğu için kahve, dış ortama, çevreye ısı verir. Bu durum sıcaklıklar eşitleninceye kadar devam eder. Bu olay farkında bile olmadığımız bir ısı transferidir.

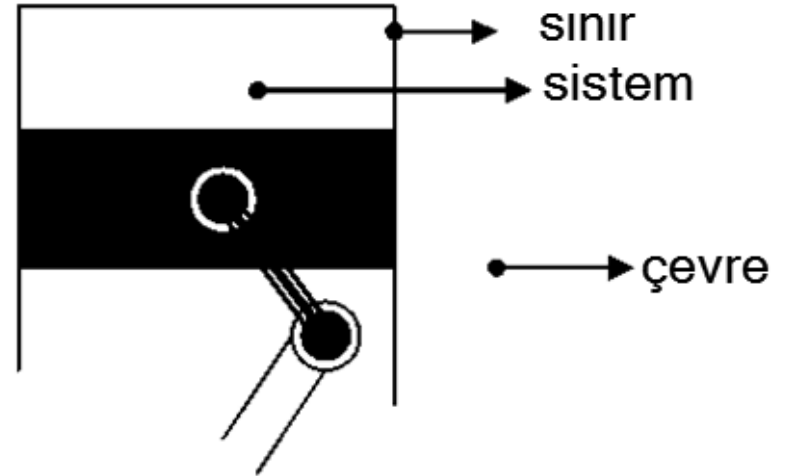


## SİSTEM VE SINIFLANDIRILMASI

Termodinamik incelemelerde gerekli analizlerin yapılabilmesi için olayın etkisi altında kalan ve incelenen bölgenin bir sınır içerisine alınması gerekir.

Bu sınırlı alana « *sistem* », sistemin dışında kalan kısma « *çevre* », sistemi çevreden ayıran kısma ise « *sınır* » adı verilir.

Bu kavramlara örnek olmak üzere; sağda bir piston-silindir ikili sistemi gösterilmiştir.



## KAVRAMLAR

### Enerji :

Enerji kısaca iş yapabilme yeteneğidir.

Tıpkı uzunluklar gibi skaler büyüklüktür. Genel olarak 8 ana enerji çeşidini saymak mümkündür. Bunlar;

- potansiyel enerji,
- kinetik enerji,
- ısı enerjisi,
- ışık enerjisi,
- elektrik enerjisi ,
- kimyasal enerji,
- nükleer enerji ve
- ses enerjisidir.

Unutulmaması gereken ise hiçbir enerjinin kaybolmadığıdır. Kaybolduğunu düşündüğümüz enerji, olsa olsa başka bir enerji türüne dönüşmüştür.



## Potansiyel Enerji :

## KAVRAMLAR

Bir cismin konumu ve durumu yüzünden sahip olduğu enerjidir.

- Gerilmiş bir yayda,
- havada duran bir cisimde ve
- iple tavana asılı bir modelde potansiyel enerji vardır.

Kısaca yüksekliği olan ya da gerilmiş / sıkıştırılmış tüm cisimlerde potansiyel enerji mevcuttur.



## KAVRAMLAR

### Potansiyel Enerji :

Potansiyel enerji  $E = m \times g \times h$  eşitliği ile hesaplanabilir. Bu eşitlikte,

$m$  ; kütleyi,

$h$  ; yüksekliği,

$g$  ; yerçekimi ivmesini gösterir ve değeri sabittir. Dünya yüzeyinde tüm cisimler bu ivme ile düşerler.

$g$  yerçekimi ivmesinin Paris'teki değeri tam olarak  $9,80665 \text{ m/s}^2$  (metre bölü saniyekare) dir.

## KAVRAMLAR

### Kinetik Enerji :

Kinetik enerjiye sahip olmak için bir cismin hareket ediyor olması lâzımdır. Yani kinetik enerji, hızı olan cisimlerin sahip olduğu enerji çeşididir. Bunlara örnek olarak atılan bir ok, koşan çocuk, dönen tekerlek ya da yüksekten düşen bir top gösterilebilir.



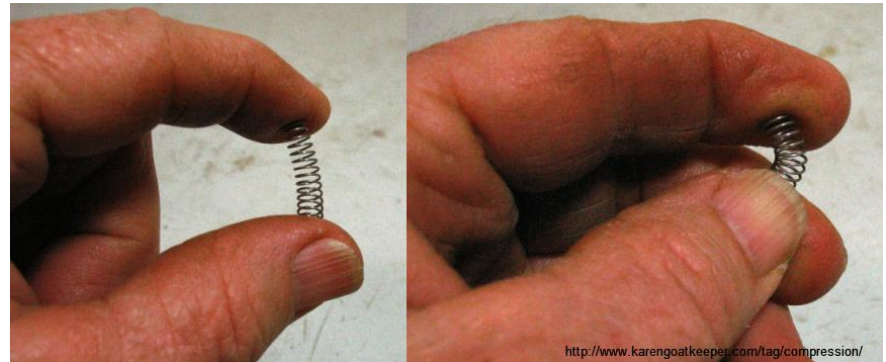
### Kinetik Enerji :

Kinetik enerji, o cismin kütlesi ile hızının karesinin çarpımının yarısına eşit olur  $E= 1/2 ( mv^2 )$

## KAVRAMLAR

Kinetik enerjiye ve potansiyel enerjiye mekanik enerji de denir. Mekanik enerji, korunumludur.

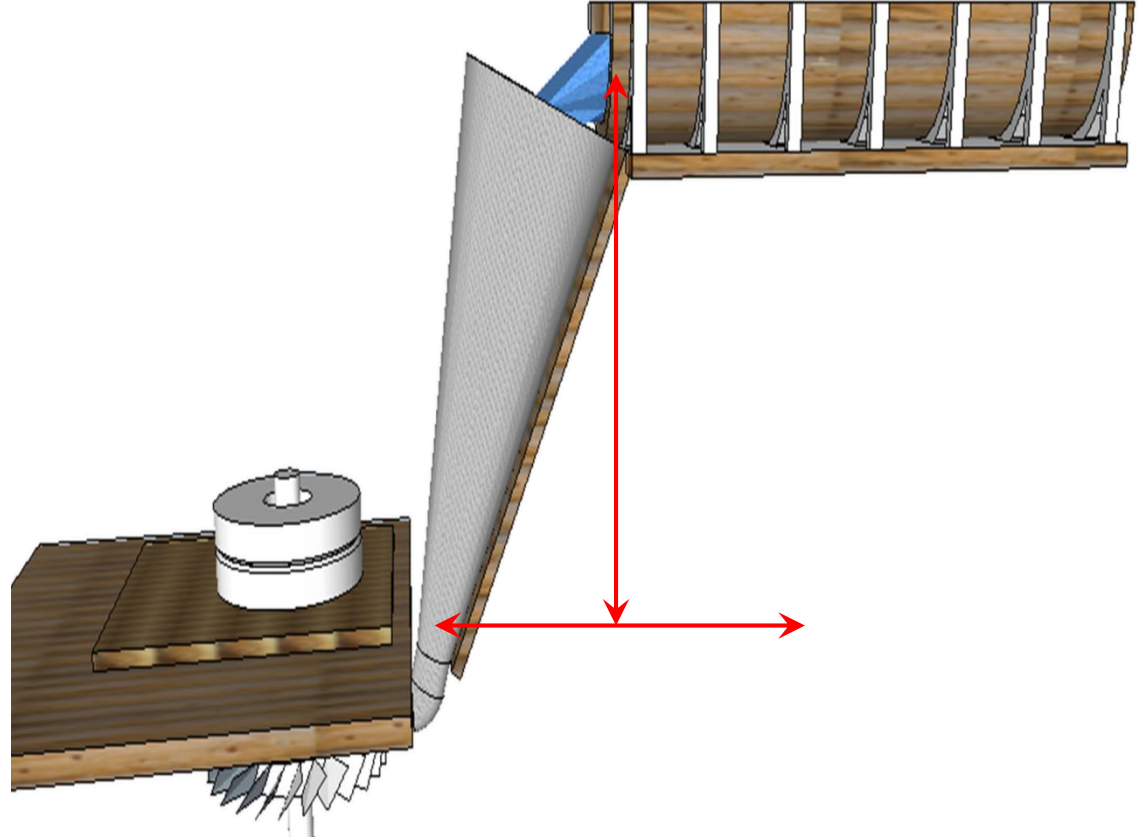
Aralarında değişme olabilir. Yüksekteki bir taş düşerken, potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Hareketli bir cisim bir yayı sıkıştırırken, kinetik enerji, yayın biriktirdiği potansiyel enerji haline geçer.



## KAVRAMLAR

Düşen bir su kütlesinin potansiyel enerjisi, kinetik enerji haline dönüşür. Bu kinetik enerji bir türbini döndürebilir.

Bu türbinin dönme mili, bir su kabı içindeki karıştırıcıyı da döndürürse, kap içindeki suyun, sıcaklık derecesinin yükseldiği görülür.



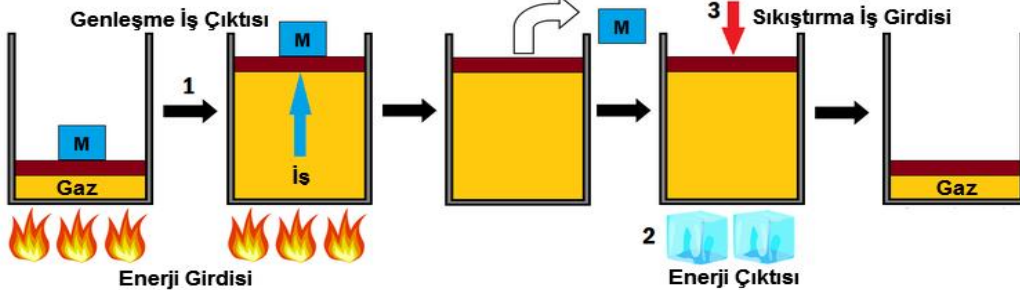
Suyun kazandığı ısı, türbini döndüren suyun kinetik enerjisidir.

## KAVRAMLAR

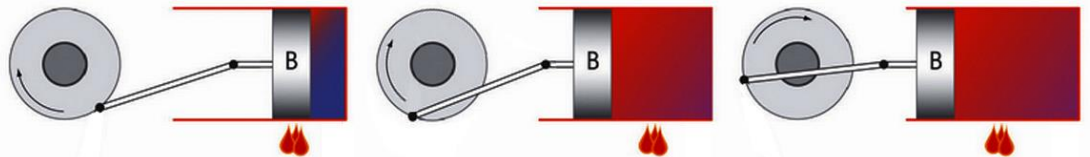
O halde ısı da bir enerjidir. Isınan cisimler iş yapabilirler. Gaz dolu bir kap alttan ısıtıldığında kabın kapağının yükseldiği görülür. Böylece ısı enerjisi potansiyel enerjiye dönüşmüştür.

T sıcaklığındaki bir cismin sahip olduğu enerji,  $\frac{1}{2} ( K.T^2 )$  formülü ile verilir. K Boltzmann sabitidir .

(Boltzman sabiti yaklaşık olarak  $1,3807 \times 10^{-23}$  joule/°Kelvin (J/°K))



<http://energyeducation.ca/encyclopedia/Piston>



## **KAVRAMLAR**

### **Isı Enerjisi :**

Cisimlerin sıcaklıkları yüzünden sahip olduğu enerjidir. Sıcaklığı yüksek ya da düşük bütün maddelerin ısı enerjisi vardır. Örnek olarak akkor flamanlı lamba, elektrik sobası, jeotermal enerji, ısıtıcılar verilebilir.

### **Elektrik Enerjisi :**

Cisimlerin elektrik yükleri sebebiyle sahip oldukları enerjidir.

### **Işık Enerjisi :**

Yanan odun, lamba, güneş, vb. enerji kaynakları bir şekilde sahip oldukları enerjinin bir kısmını ışık enerjisine çevirir.

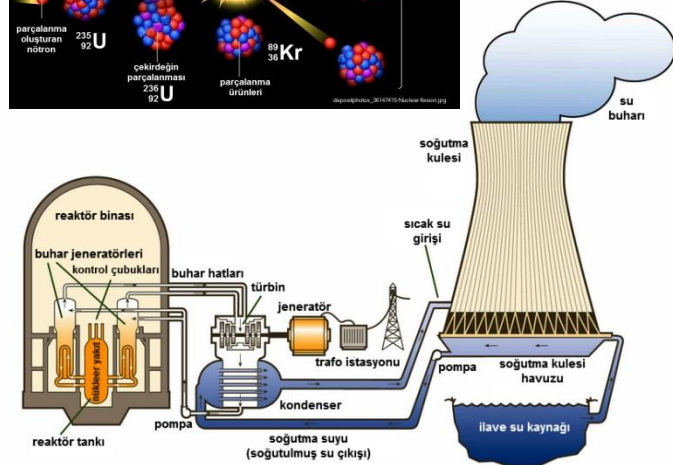
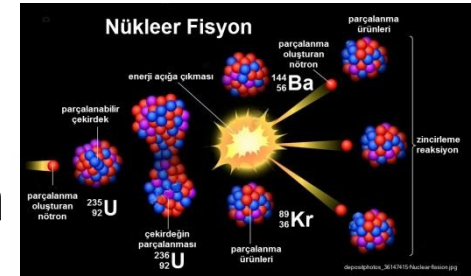
# KAVRAMLAR

## Kimyasal Enerji :

Maddelerin kimyasal reaksiyonlarda bulunması sonucu ortaya çıkar. Yanma, Yakma ve benzeri olaylar, bir enerjinin etkisiyle ortaya çıkar ve onlar da fosil yakıtlar içerisindeki karbon, hidrojen gibi yanabilir maddelerin yanması sonucu bir enerji açığa çıkartır.

## Nükleer Enerji :

Radyoaktif elementlerde saklı bulunan enerjidir. Fisyon (parçalanma) veya füzyon (birleşme) sonucu ortaya çıkar. Nükleer santrallerde bu şekilde enerji açığa çıkartılır, açığa çıkan enerjiden buhar, daha sonra da elektrik enerjisi elde edilir.

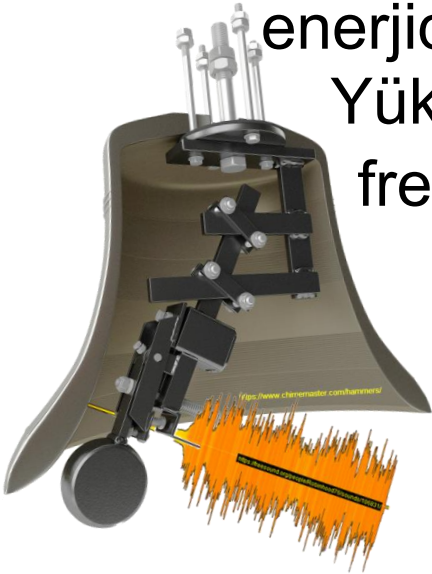




## KAVRAMLAR

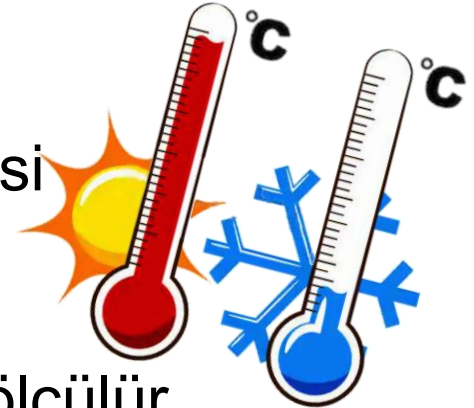
### Ses Enerjisi :

Herhangi bir nedenle titreşen cisimler nedeniyle oluşan enerjidir. Kalın (bas) veya ince (tiz) ses olarak duyulur. Yüksek şiddetteki ses veya çığlıkların oluşturduğu frekanslar nedeniyle örneğin kristallerin, camların rezonansa gelmek suretiyle kırılması örnek verilebilir. Zilin kinetik enerjisi ses ve biraz da ısı enerjisine dönüşür. Yani kol zile vurdukça sesin çıkması bir enerji dönüşümüdür.



### Sıcaklık :

Bir maddenin ısı enerji durumunun göstergesi olan ve ısı geçişine neden olan etken olarak tanımlanabilir. Sıcaklık °C (derece santigrat veya celcius) ile gösterilir ve termometre ile ölçülür.



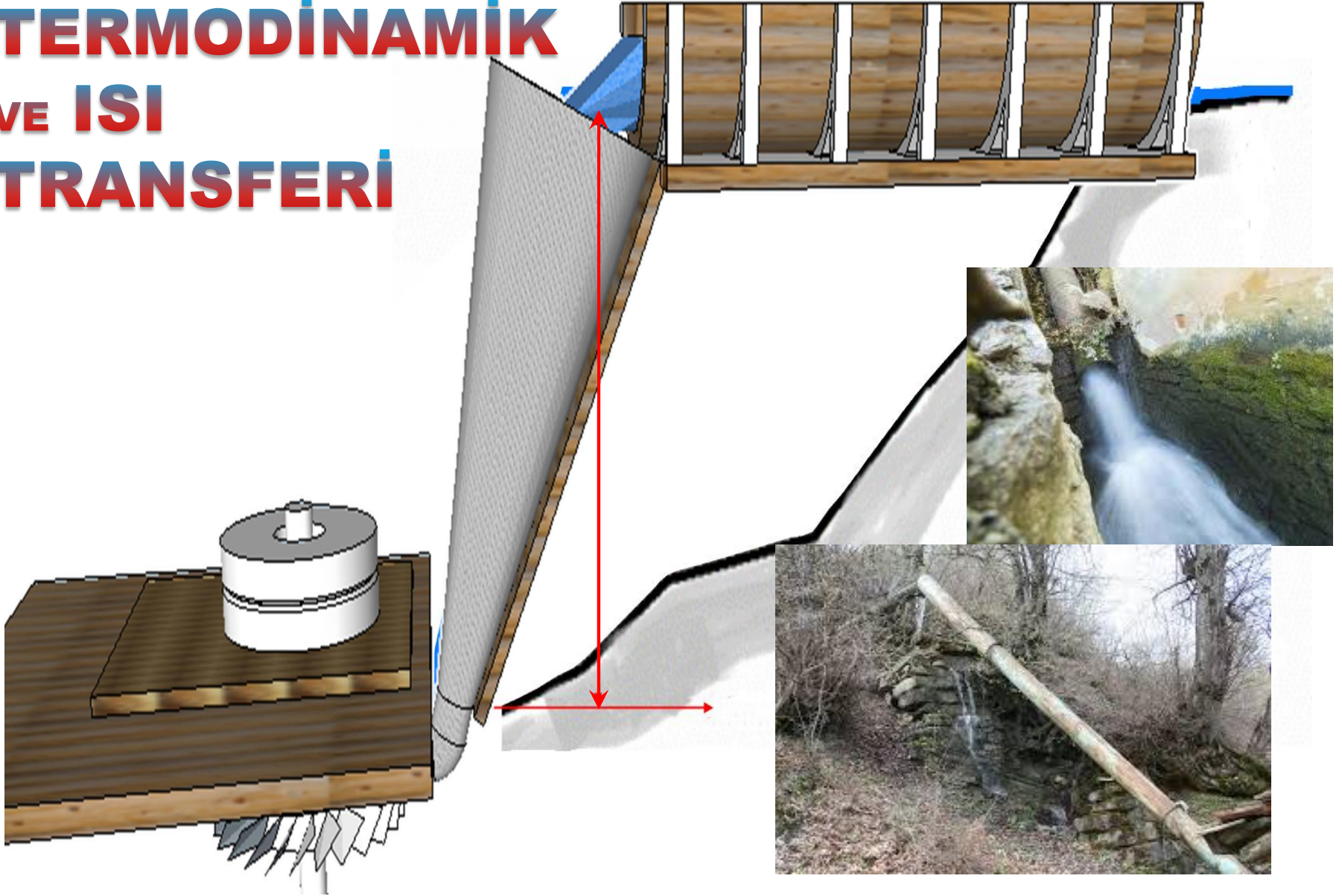
# TERMODİNAMİK VE ISI TRANSFERİ



# TERMODİNAMİK VE ISI TRANSFERİ



# TERMODİNAMİK VE ISI TRANSFERİ



# TERMODİNAMİĞİN 1. inci KANUNU

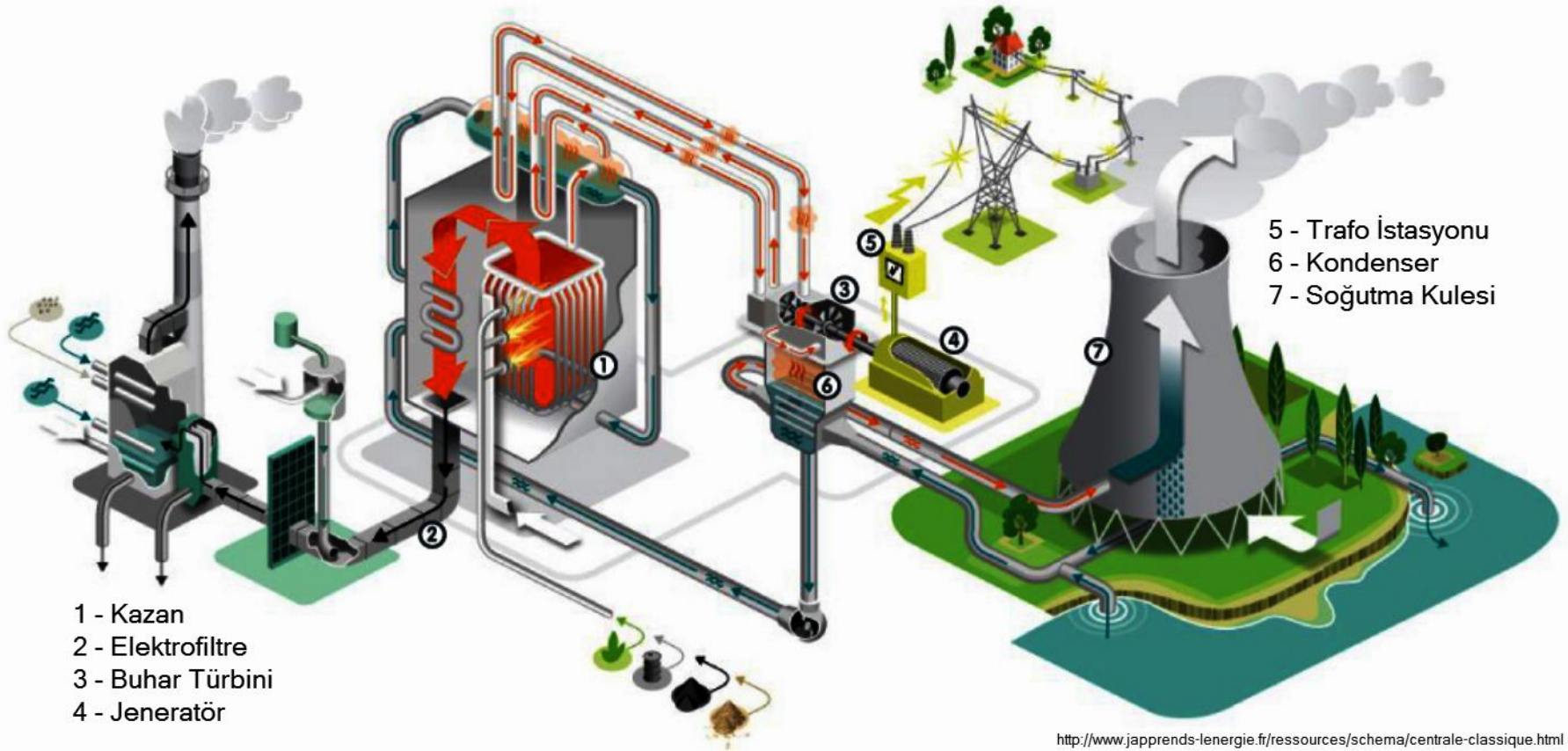
## ( Enerjinin Korunumu Kanunu )

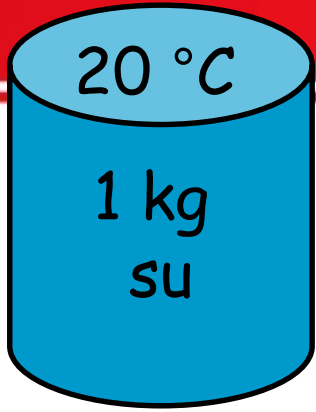
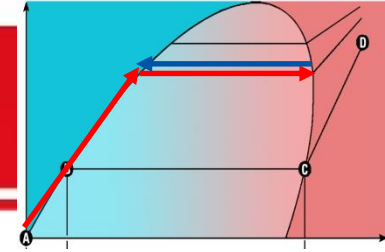
*Enerji, etkileşim süresince bir formdan başka bir forma dönüşür fakat enerjinin toplam miktarı sabit kalır.*

*Bu enerjinin yoktan var edilemeyeceğini ve vardan da yok edilemeyeceğini gösterir.*

*Bir sistem ve onun çevresi arasındaki etkileşim süresince, sistem tarafından kaybedilen enerjinin miktarı, çevresi tarafından kazanılan enerjinin miktarına eşittir.*

Bir sisteme ısı verildiğinde, enerjinin bir kısmı sistemde kalır ve bir kısmı da sistemden ayrılır. Sistemden ayrılan enerji, onun çevresinde işe dönüşür, Sistemde kalan enerji ise, sistemin iç enerjisinde artış oluşturur.

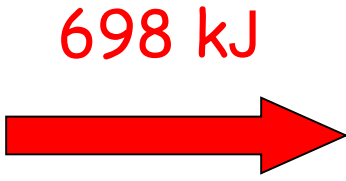




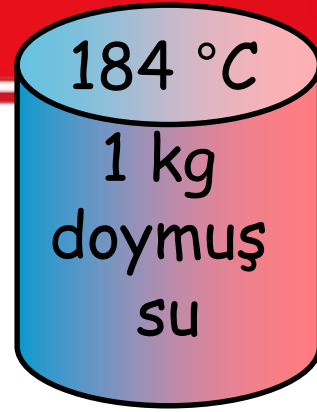
20 °C

1 kg  
su

$P_{atm}$   
84 kJ



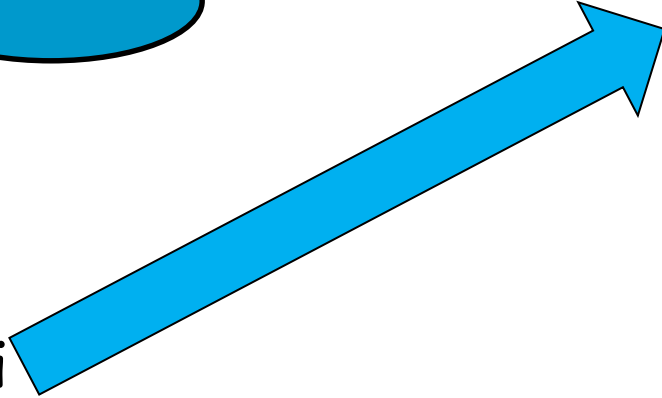
698 kJ



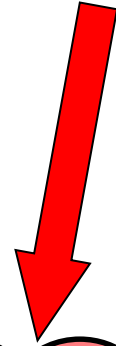
184 °C

1 kg  
doymuş  
su

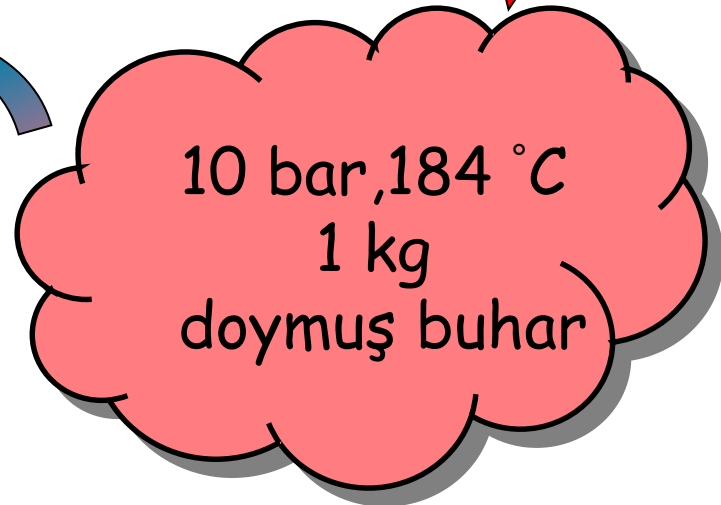
$P = 10 \text{ barg}$   
 $h_f = 782 \text{ kJ}$



İşlemler  
sonucu  
buhardan  
alınan enerji  
 $h_{fg} = 2000 \text{ kJ}$



$h_{fg} = 2000 \text{ kJ}$



10 bar, 184 °C  
1 kg  
doymuş buhar

$h_g = 2782 \text{ kJ}$

Isıtma, kurutma,  
pişirme işlemleri,  
mekanik işlemler için  
enerji kullanımı

# TERMODİNAMİĞİN 1. inci KANUNU

## ( Enerjinin Korunumu Kanunu )

Enerjinin korunumu ilkesi, bir hal değişimi sırasında kapalı bir sistemin toplam enerjisindeki net değişimin (artma veya azalma) sisteme giren toplam enerji ile sistemden çıkan toplam enerji farkına eşit olduğunu ifade eder.

Birinci Yasanın Denge Denklemi

$$E_{giren} - E_{çıkan} = \Delta E_{Toplam}$$



# TERMODİNAMİĞİN 2. inci KANUNU

İkinci kanun, *ısının tamamen işe dönüştüğü bir çevrim prosesinin mümkün olmadığını* açıklar.

Termodinamiğin ikinci kanunu, yaygın olarak kullanılan ısı makineleri ve soğutma makineleri gibi mühendislik sistemlerinin verimlerinin kuramsal sınırlarını ve kimyasal reaksiyonların hangi oranda tamamlanacaklarının belirlenmesinde de kullanılır.

Bu demektir ki, *bir sistem enerjisinin tamamını iş enerjisine dönüştüremez.*

Buna göre *hiçbir reaksiyon % 100 verimli değildir ve reaksiyonda enerjinin bir kısmı ısı enerjisi olarak açığa çıkar.*

# TERMODİNAMİĞİN 2. inci KANUNU

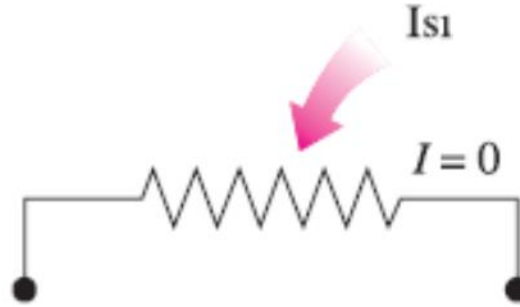
Kanunun ikinci kısmı daha açıktır.

Isı enerjisi doğal olarak her zaman sıcak olandan daha soğuk olana doğru hareket eder.

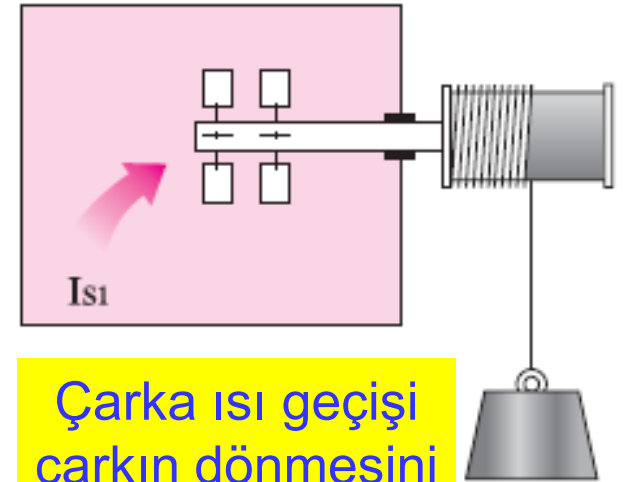
Soğuk bir cisimden sıcak bir cisme « başka bir enerji kullanılmaksızın » ısı transferi de mümkün değildir.



Daha soğuk bir odada bulunan bir fincan sıcak kahve daha çok ısınmaz.



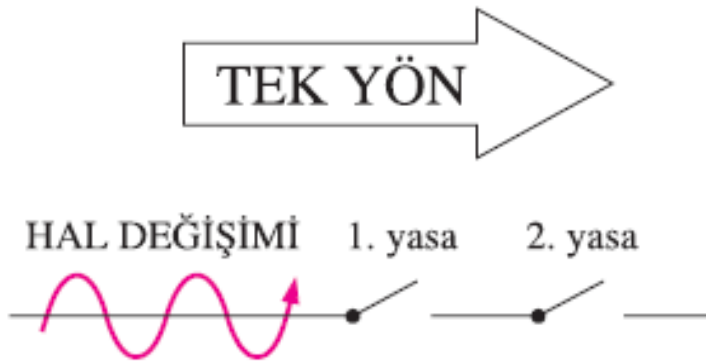
Tele ısı geçişi elektrik üretimine yol açmaz.



Çarka ısı geçişi çarkın dönmesini sağlamaz.

# TERMODİNAMİĞİN 2. inci KANUNU

Verilen örneklerdeki bu işlemler birinci kanuna uymalarına rağmen, gerçekleşemezler.



Hal değişimleri belirli bir yönde gerçekleşir. Ters yönde gerçekleşmez.

Bir hal değişiminin gerçekleşebilmesi için termodinamiğin birinci ve ikinci kanunlarının sağlanması zorunludur.

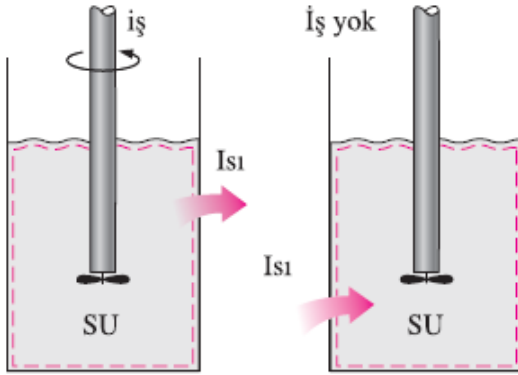
# TERMODİNAMİĞİN 2. inci KANUNU

## İKİNCİ YASANIN ESAS KULLANIMI

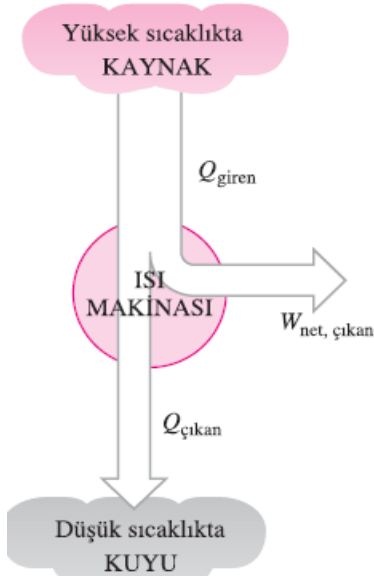
1. İkinci yasa hal değişimlerinin yönünü açıklayabilir.
2. İkinci yasa aynı zamanda enerjinin niceliği kadar **niteliğinin** de olduğunu öne sürer. Birinci yasa, niteliğiyle ilgilenmeksizin, enerjinin niceliğiyle ve bir biçimden diğerine dönüşümüyle ilgilidir. İkinci yasa, enerjinin niteliğinin ve bir hal değişimi sırasında bu niteliğin nasıl azaldığının belirlenmesinin gerekli vasıtalarını sağlar.
3. Termodinamiğin ikinci yasası, yaygın olarak kullanılan ısı makineleri ve soğutma makineleri gibi mühendislik sistemlerinin verimlerinin **kuramsal sınırlarının** ve kimyasal reaksiyonların hangi oranda tamamlanacaklarının belirlenmesinde de kullanılır.

# TERMODİNAMİĞİN 2. inci KANUNU

## Isı makineleri



İşin tümü her zaman ısı enerjeye dönüştürülebilir, fakat bunun tersi doğru değildir.



Isı makinesi aldığı ısının bir bölümünü işe dönüştürür, geri kalanını düşük sıcaklıktaki bir ısı kuyuya verir.

Makineler ısıyı işe dönüştürürler.

1. Yüksek sıcaklıktaki bir kaynaktan (güneş enerjisi, kazanlar, nükleer reaktörler vb.) ısı alırlar .
2. Geri kalan atık ısıyı düşük sıcaklıktaki bir kuyuya (atmosfer, akarsular, vb.) verirler.
3. Bir çevrim gerçekleştirerek çalışırlar.

Isı makineleri ve bir çevrime göre çalışan diğer makineler, genellikle bir akışkan içerirler ve çevrimi gerçekleştirirken ısı alışverişini yapabilecekleri ortam olarak bunu kullanırlar. Bu akışkana **iş akışkanı** denir.

# TERMODİNAMİĞİN 3. üncü KANUNU

Katı fazında bile moleküller bir nokta etrafında salınım hareketi içindedirler. Salınımlar sıcaklık düştükçe azalır ve mutlak sıfırda moleküller tümüyle hareketsiz olurlar. Bu hal en üst düzeyde bir molekül düzenini ve en alt düzeyde bir enerjiyi belirler.

Sıcaklık moleküler hareketin bir ölçümü olduğuna göre, mutlak sıfırdan daha küçük sıcaklık değeri yoktur. Mükemmel bir kristal düzensizlik göstermez.

*Üçüncü kanun; mutlak sıfır sıcaklıkta (  $0^{\circ} K$  de ) veya  $-273^{\circ} C$  de bütün moleküler hareketlerin durduğunu ifade eder.*

# TERMODİNAMİĞİN 3. ÜNCÜ KANUNU

Bu nedenle, *sıfır mutlak sıcaklıkta saf kristal maddenin entropisi sıfırdır, çünkü moleküllerin konumunda herhangi bir belirsizlik yoktur.* Bu sonuç termodinamiğin üçüncü kanunu olarak adlandırılır.

Entropi : Sistemdeki düzensizliğin bir ölçüsüdür. Örneğin; Canlılar yaşlanır ve ölür, metaller paslanır ve parçalanır, sonuçta evrendeki düzensizlik artar. Sistemlerdeki düzensizlik arttıkça, entropi de artar. Bu durum da faydalı (iş yapabilir) enerji miktarını azaltır.

# TERMODİNAMİĞİN 0. inci KANUNU

- *İki ayrı sistem, bir üçüncü sistemle ısı dengede (sıcaklıkların eşit olma durumu) iseler, bu sistemler, birbirleri ile de ısı dengede halindedir.*
- Bu durum, her bir sistemin aynı enerji içeriğine sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bu doğru ise, birinci ve ikinci sistemin birbirleri arasında dengede olması, üçüncü sistemin tüm değerlerinin bir ve ikinin her ikisi ile eşit olduğu anlamına gelir.
- Bununla birlikte söz konusu durumun termodinamiğin diğer yasalarıyla kanıtlanması mümkün değildir.

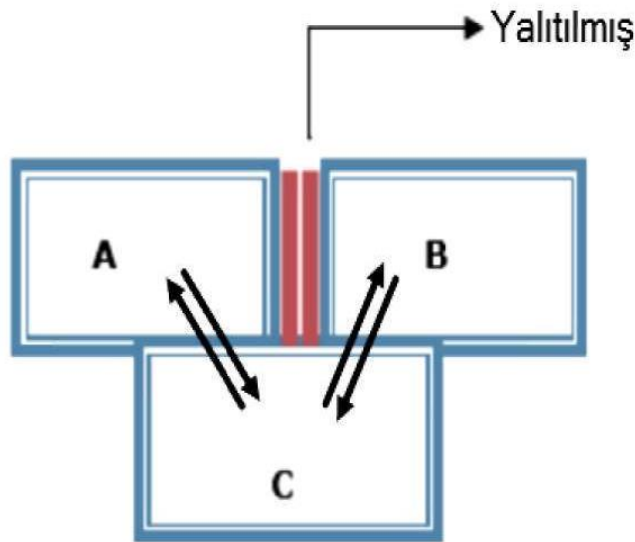


# TERMODİNAMİĞİN 0. inci KANUNU

- Ayrıca sıcaklık ölçümünün geçerliliği için bir temel oluşturur.
- Üçüncü sistem/cisim bir termometre ile yer değiştirirse, sıfırinci kanun şu şekilde yazılabilir: her ikisi de aynı sıcaklık değerine sahip iki cisim birbirleriyle temas etmeseler bile ısı dengededirler.

# TERMODİNAMİĞİN 0. inci KANUNU

“Bir üçüncü sistemle ayrı ayrı ısı dengede olan iki sistem birbiriyle ısı dengededir”



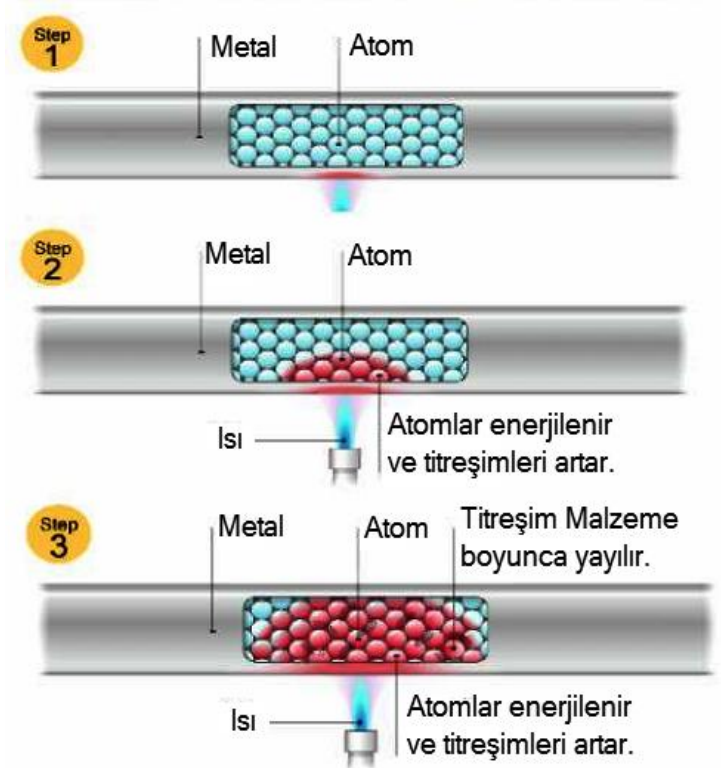
$$T_A = T_C \quad \text{ve} \quad T_B = T_C \quad \text{ise}$$

$$T_A = T_B \quad \text{olur}$$

Isıl denge durumundaki iki sistemin sıcaklıkları aynıdır.

# ISI TRANSFERİ NASIL GERÇEKLEŞİR

- Enerji, atomik ölçekte moleküller, atomlar ve elektronlar arasındaki enerji değiş tokuşu ile bir cisimden diğerine veya aynı cisim içinde bir bölgeden diğerine aktarılır.
- Isı iletimi (kondüksiyon), bir maddenin parçacıklarının komşu parçacıklarla enerji alışverişidir.
- Bu alışveriş;
  - gazlarda molekül hareketleri,
  - sıvılarda ve iletken olmayan katılarda molekül titreşimleri,
  - iletken katılarda ise elektron hareketleri ile olur.



# ISI TRANSFERİ NASIL GERÇEKLEŞİR

Isı Transferi ( Isı İletimi ) üç şekilde gerçekleşir:

- İletim ( Kondüksiyon )

Katı cisimlerden ısı geçiş şekline denir. Kabullere bağlı olarak, hareketsiz gaz ve sıvılardaki ısı geçiş şekli de bu isim altında değerlendirilebilir. Fiziksel temas gerektirir.

- Taşınım ( Konveksiyon )

Hareket halindeki gaz ve sıvı ortamlardan ısı geçiş şekline denir. Isınan maddelerin yoğunluk farkından dolayı hareketiyle gerçekleşir.

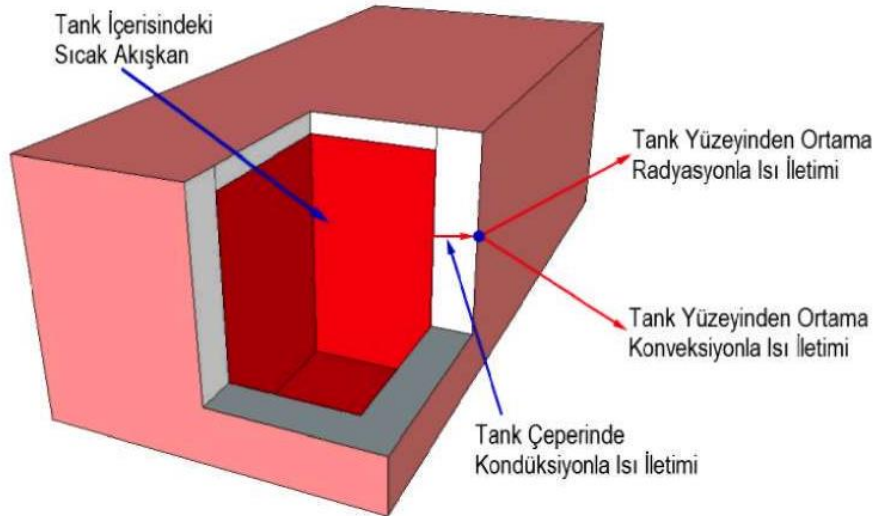
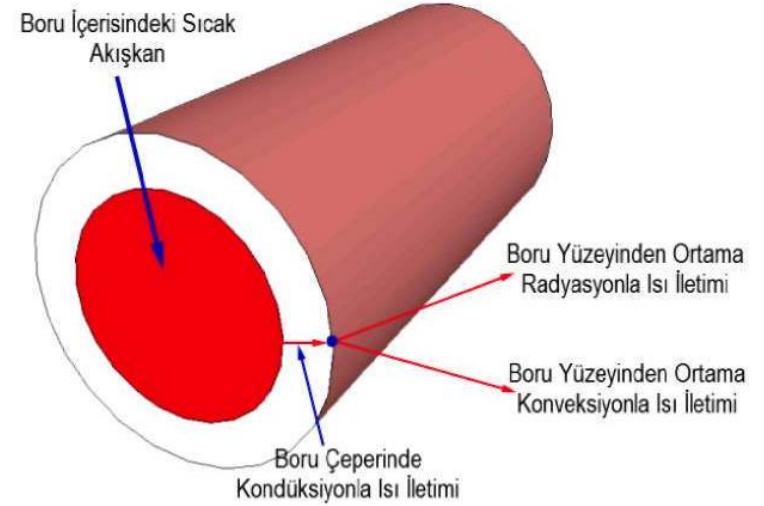
- Işınım ( Radyasyon )

Isınan veya sıcak sistemler ışınım yoluyla elektromanyetik dalgalar yayarlar. Bu dalgalar soğuk sistemler tarafından emilirler.

# ISI TRANSFERİ NASIL GERÇEKLEŞİR



# ISI TRANSFERİ NASIL GERÇEKLEŞİR



# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

$$q = U x ( T_i - T_d )$$

q : Isı Akış Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)

T<sub>i</sub> : İç Ortam Sıcaklığı (K)

T<sub>d</sub> : Dış Ortam Sıcaklığı (K)

U : Isıl Geçirgenlik Katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

q : herhangi "d" (metre) kalınlığındaki bir yapı bileşeninin 1 m<sup>2</sup> 'sinden 1 saatte olan toplam ısı kaybıdır.

U : herhangi d (metre) kalınlığındaki yapı bileşeninin (duvar, döşeme, v.s. gibi) her iki tarafında bulunan hava sıcaklıkları arasındaki farkın 1°C olması halinde bileşeninin 1 m<sup>2</sup> 'sinden 1 saatte geçen ısı miktarıdır.

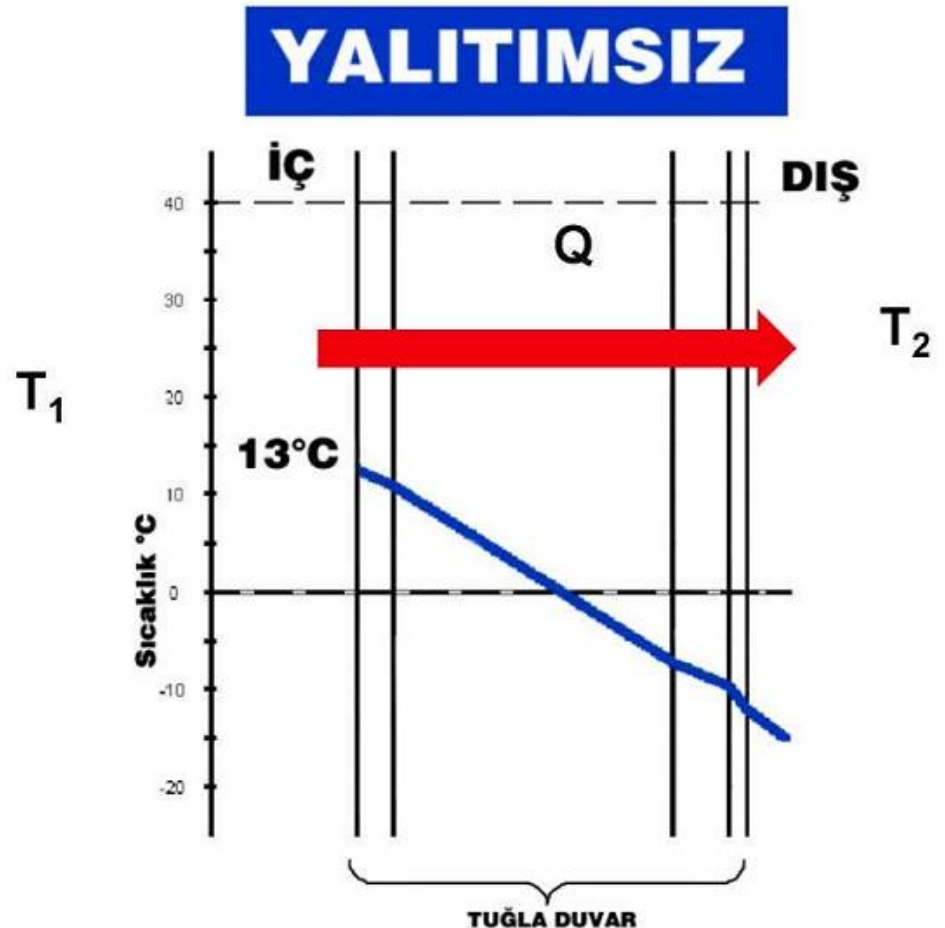
$$\{ U (W/m^2K) = \lambda (W/m^{\circ}K) / d (m) \}$$

# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ ( İletim Yoluyla Isı Transferi )

Isı İletkenlik Katsayısı (  $\lambda$  )  
( W/m<sup>°K</sup> )

1°C'lik sıcaklık farkında, birim zamanda, birim yüzeyden geçen ısıl enerji miktarıdır.

Isı yalıtım malzemelerini, diğer malzemelerden ayıran en önemli özellik, düşük ısı iletkenlik katsayılarına sahip olmalarıdır.

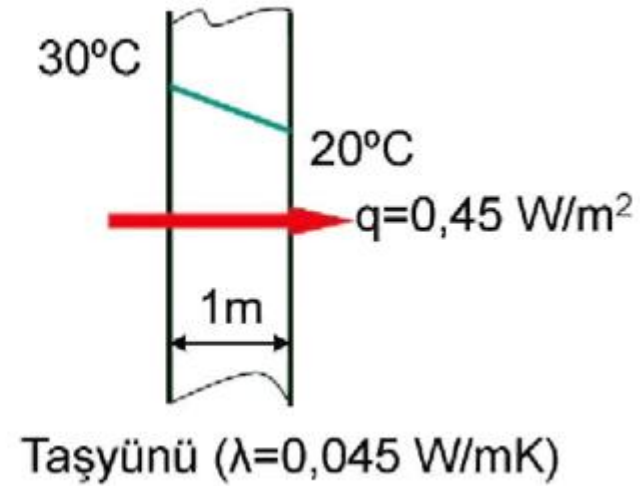
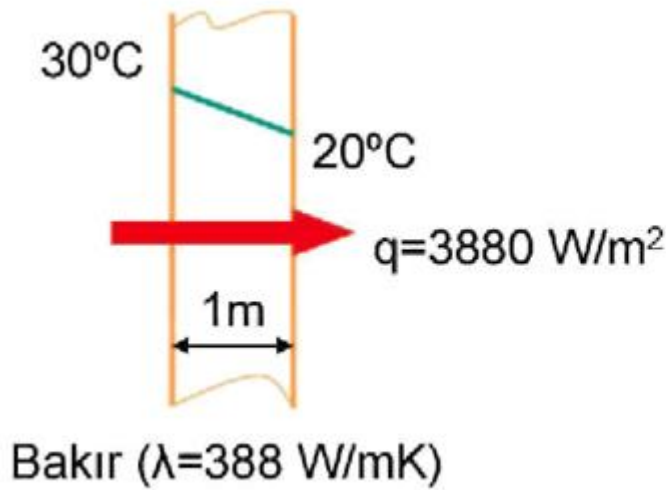




# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

Isı İletkenlik Katsayısı (  $\lambda$  ) ( W/m<sup>°K</sup> )

bir malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür.



# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

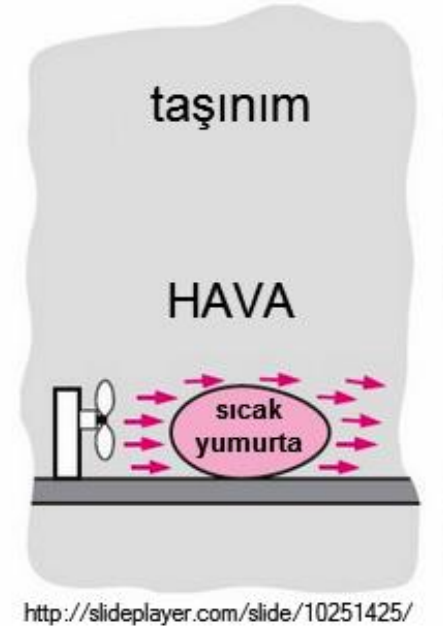
## Isı İletkenlik Katsayıları ( $\lambda$ ) ( W/m<sup>°K</sup> )

Normal şartlarda malzeme 298K, 24,85°C		Tipik ısı iletkenlik $\lambda$ (W/mK)
Metal	Saf bakır	353-386
	Bakır(C10)	388
	Saf Alüminyum	205-237
	Alüminyum alaşımı(6082)	170
	Pirinç (CZ121)	123
	Hafif çelik	50
	Paslanmaz çelik	16
	Gaz	Hava
Hidrojen		0,172
Karbon		1,7
Karbon dioksit		0,015
Argon		0,016
Diğerleri	Cam	0,8
	Odun	0,13
Yalıtım	Taş yünü	0,045
	Cam yünü	0,040
	Selüloz	0,039

# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

## ( Taşınım Yoluyla Isı Transferi )

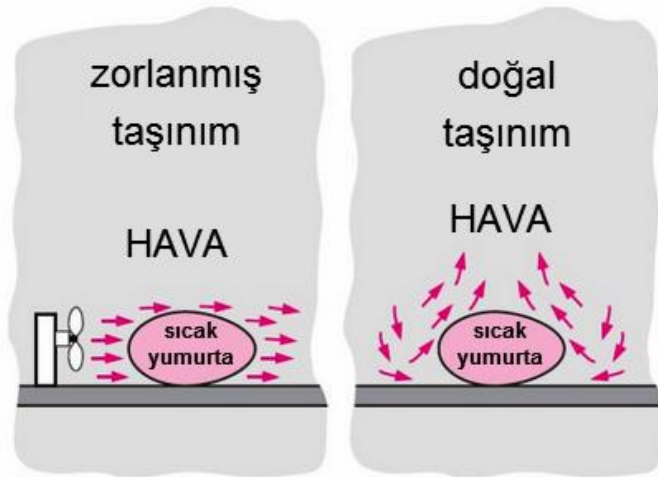
- Taşınım, bir katı yüzey ile ona bitişik, hareket halindeki sıvı veya gaz arasında enerji aktarım türüdür; iletim ve akışkan hareketinin birleşik etkilerini kapsar.
- Akışkan hareketi ne kadar hızlı olursa, taşınımla ısı aktarımı da o kadar büyük olur.
- Yoğun akışkan hareketinin ortadan kalkması halinde, katı yüzeyle bitişindeki akışkan arasındaki ısı transferi saf iletimle olur.



# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

## ( Taşınım Yoluyla Isı Transferi )

Eğer akışkan, yüzeyin üzerinden fan, pompa veya rüzgar vasıtasıyla akmaya zorlanırsa, zorlanmış taşınım denir.



<http://slideplayer.com/slide/10251425/>

Aksine, eğer akışkan hareketi, akışkan içerisinde sıcaklık değişiminin ortaya çıkardığı yoğunluk farklarının doğurduğu kaldırma kuvveti sebebiyle oluyorsa, doğal (veya serbest) taşınım denir.

# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

## ( Taşınım Yoluyla Isı Transferi )

$$Q_{con} = \alpha_c \times A_s ( T_s - T_f ) (W)$$

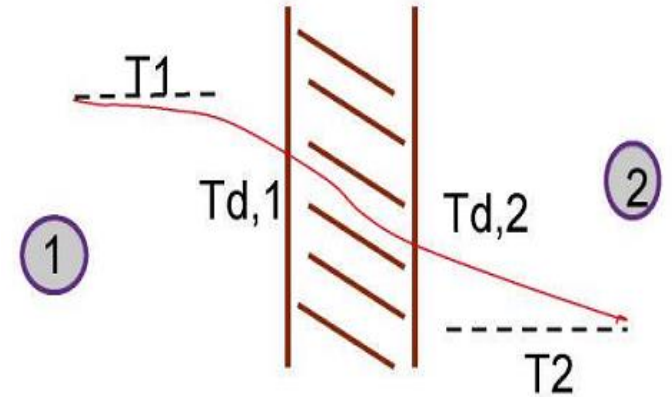
$Q_{con}$  = ısı akısı (W/m<sup>2</sup>)

$\alpha_c$  = ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$A_s$  = yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

$t_s$  = yüzey sıcaklığı (°K)

$t_f$  = yüzeye değen akışkan  
veya ortam sıcaklığı (°K)



Not:  $\alpha_c$  ısı taşınım katsayısı, TS 825 hesap yönteminde Re ve Ri olarak kullanılır.

$R_e$  = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) ( 0,04 m<sup>2</sup>.K/W)

$R_i$  = İç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) ( 0,13 m<sup>2</sup>.K/W)

(bkz. TS 825 Çizelge 1 Hesaplanmış Yüzeysel Isıl İletim (Taşınım) Direnç Değerleri, Dip not 1 )

# **DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ**

## **( Işınım Yoluyla Isı Transferi )**

Işınım, maddenin atom veya moleküllerinin elektron düzeninde olan değişimler sonucunda maddeden elektromanyetik dalgalar veya fotonlar şeklinde yayılan enerjidir.

İletim ve taşımından farklı olarak ışınımınla ısı transferi için bir aracı ortam gerekmez.

Işınım, hacimsel bir olaydır; bütün katılar, sıvılar ve gazlar, ışınımı değişen seviyelerde yayar, soğurur veya geçirirler.

Isı transfer çalışmalarında, cisimlerin sıcaklıkları sebebiyle yaydıkları ışınım türü olan ısı ışınım ile ilgilidir.

# **DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ**

## **( Işınım Yoluyla Isı Transferi )**

Işınım sıcaklıkla ilişkisi olmayan X ışınları, gama ışınları, mikrodalgalar, radyo dalgaları ve televizyon dalgaları gibi elektromanyetik ışınımın diğer biçimlerinden farklıdır.

Mutlak sıfırın üstündeki sıcaklıklarda bütün cisimler ısıl ışınım yayarlar.

# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

## ( Işınım Yoluyla Isı Transferi )

$$Q_r = U_r \times A \times (T_y - T_o)$$

$$U_r = 5,67 \times \varepsilon \times \frac{\left(\frac{T_y + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_o + 273}{100}\right)^4}{T_y - T_o}$$

$$Q_r = 5,67 \times \varepsilon \times A \times \left( \left(\frac{T_y + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_o + 273}{100}\right)^4 \right)$$

*Burada:*

$\varepsilon$  = emissivite

$A$  = yüzey alanı

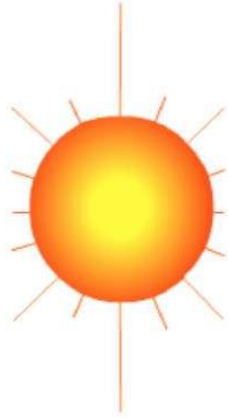
$T_s$  = yüzey sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_o$  = ortam sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )



# DÜZLEM DUVARDA ISI TRANSFERİ

## ( Işınım Yoluyla Isı Transferi )

Isı enerjisi güneşten  
yeryüzüne nasıl ulaşır?



**İŞINIM**

?

Güneş ve yeryüzü  
arasında herhangi bir  
ortam/parçacıklar  
bulunmaz bu nedenle  
iletim ve taşınım ile ısı  
hareketi yoktur



# TERMODİNAMİK VE ISI TRANSFERİ

## Kaynaklar :

Bölüm 6 TERMODİNAMİĞİN İKİNCİ YASASI

[ninovaltu.edu.tr/tr/dersler/kimya-metalurji/3309/ter-201/ekkaynaklar?g640006](http://ninovaltu.edu.tr/tr/dersler/kimya-metalurji/3309/ter-201/ekkaynaklar?g640006)

[https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwir-bL\\_2ODXAhVF0xQKHeM4B9cQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fninovaltu.edu.tr%2Ftr%2Fdersler%2Fkimya-metalurji%2F3309%2Fter-201%2Fekkaynaklar%3Fg640006&usg=AOvVaw21Hq1QZ-0zRjOsK4iJ531y](https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwir-bL_2ODXAhVF0xQKHeM4B9cQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fninovaltu.edu.tr%2Ftr%2Fdersler%2Fkimya-metalurji%2F3309%2Fter-201%2Fekkaynaklar%3Fg640006&usg=AOvVaw21Hq1QZ-0zRjOsK4iJ531y)

1. Bölüm Giriş ve Temel Kavramlarthermo1\_ch1\_pg1-11\_HARRAN\_Üniv

[http://eng.harran.edu.tr/moodle/moodledata/3/yesilata/DERS\\_NOTLARI/thermo1\\_ch1\\_pg1-11.pdf](http://eng.harran.edu.tr/moodle/moodledata/3/yesilata/DERS_NOTLARI/thermo1_ch1_pg1-11.pdf)

TERMODİNAMİK DERSİ 1. BÖLÜM ÖZETİ

[http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/49112/51044/1.\\_b%C3%B6l%C3%BCm\\_%C3%B6zet.pdf](http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/49112/51044/1._b%C3%B6l%C3%BCm_%C3%B6zet.pdf)

# TERMODİNAMİK

## Temel Kavramlar

### VE

# ISI TRANSFERİ

**Süreyya AKMAN**

Kimya Yüksek Mühendisi

Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı

e-posta : sakman@enerji.gov.tr

sureyya.akman@enerji.gov.tr

