

HİD253 Termodinamik İlkeleri

1. Hafta: Termodinamik İlkelerine giriş

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

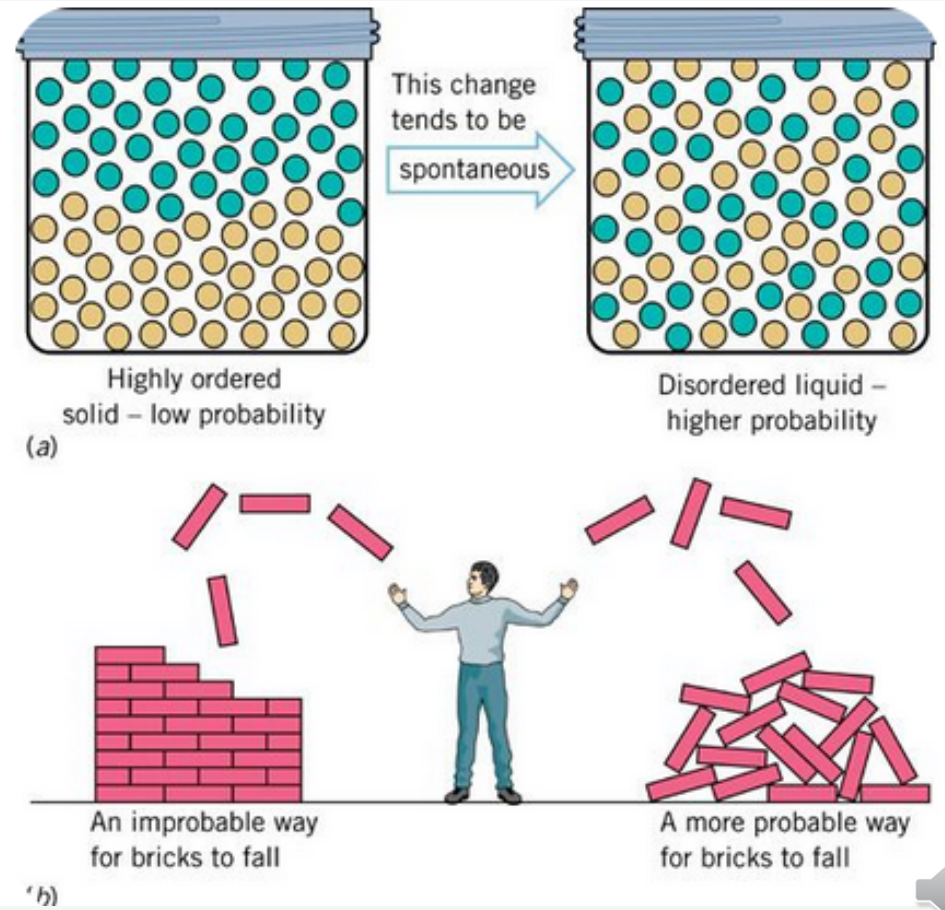


Giriş

Evrende aklımıza gelebilecek her süreç üzerinde termodinamik yasaları etkilidir. Bu dersin amacı sizlere bu yasaların temel özelliklerini öğretmek, mesleğinizde ve yaşamınızda karşılaştığınız süreçlere termodinamik ilkeleri gözüyle bakmanızı sağlamaktır.

Termodinamik esas olarak doğal sistemlerde enerji akışının davranışını inceleyen bir bilimdir. Termodinamik yasalarının anlaşılması ve kavranması, doğada bu yasalara uygun olarak gelişen enerji akışı sonucunda ortaya çıkan olayların neden(ler)ini anlamamızı kolaylaştırır. Örneğin, erozyon neden oluşur, neden sular hep denize akar vb.

Günümüzde kölelik neden geçerli bir iş yaptırma şekli değildir? Ya da, kölelikten neden vaz geçilmiştir? Bu sorunun yanıtı, endüstriyel çağa girişle birlikte artık makinaların insanlardan daha etkin ve verimli biçimde iş yapmasından kaynaklanmaktadır.



Giriş

- Enerji nedir; örneğin, kömürde, odunda, akarsuda, ekmekte ne kadar enerji vardır? Bu sorunun yanıtı Termodinamiğin 1nci yasası ile ilgilidir (Enerji yoktan var edilemez, vardan yok edilemez. Kütle ve Enerji birbirine dönüşebilir. $E = m * c^2$).
- Termodinamiğin 2nci yasasından dolayı meyveler, çürür, canlılar yaşlanır ve ölür. Çürüyen elma sağlam bir elmaya, yaşlı bir insan bir bebeğe dönüşemez. Olaylar ileriye doğru akar, zaman (yaşadıklarımız) geriye döndürülemez.
- 20nci yüzyıl sonuna değin edinilen en önemli bilimsel bilgiler, önem sırasına göre şu şekildedir (Science, 251, 266-267, 1991):
 - Evren düzenli ve tahmin edilebilir bir yapıdır,
 - Bir grup yasa ile tüm hareketler tanımlanabilir (Newton yasaları),
 - Enerji ve kütle korunur (1nci yasa),
 - Enerji her zaman daha faydalı konumdan daha az faydalı konuma geçer (2nci yasa)

École Polytechnique	Glasgow school	Berlin school	Edinburgh school
			
Sadi Carnot (1796-1832)	William Thomson (1824-1907)	Rudolf Clausius (1822-1888)	James Maxwell (1831-1879)
Vienna school	Gibbsian school	Dresden school	Dutch school
			
Ludwig Boltzmann (1844-1906)	Willard Gibbs (1839-1903)	Gustav Zeuner (1828-1907)	Johannes van der Waals (1837-1923)

Termodinamik Nedir?

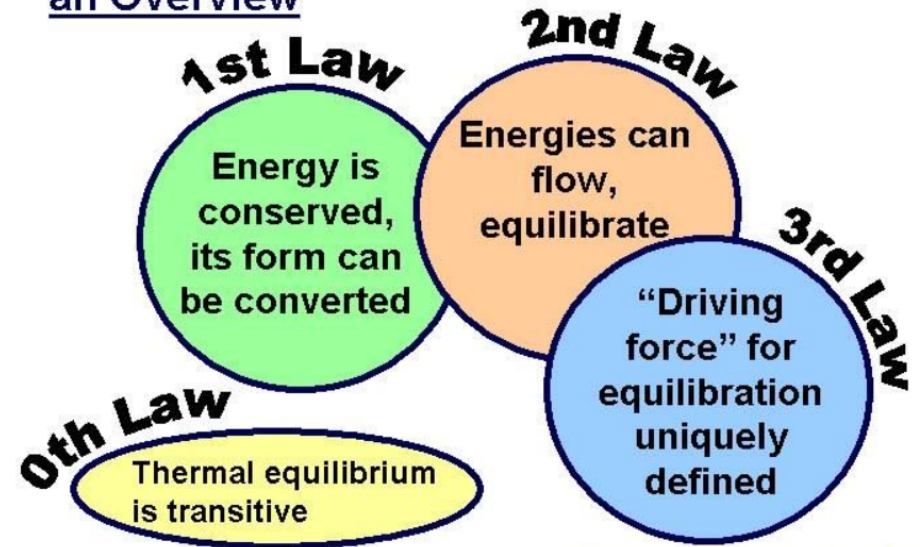
Termodinamik, ISI ve ısıнын MADDE üzerindeki etkilerinin incelenmesini amaçlayan bilim dalıdır. Termodinamik dört temel yasaya dayanır.

- ISI (İng. heat) bir enerji türüdür.
- ENERJİ (İng. energy) is yapabilmek için gereken büyüklüktür.
- MADDE (İng. matter, substance) kütlesi, hacmi ve eylemsizliği olan varlıktır.

Madde'yi tanımlayan üç özelliğin her biri enerji ile ilgilidir ve anlamları şu şekildedir:

- Kütle (İng. mass) bir maddenin kendisine bir kuvvet uygulandığında hızındaki veya konumundaki bir değişikliğe karşı gösterdiği dirençtir.
- Hacim (İng. volume) bir maddenin kapladığı üç boyutlu uzaydır.
- Eylemsizlik (İng. inertia) Maddenin bir dış kuvvet etki etmediği sürece hareket etmeme veya hareketini değiştirmeme eğilimi (davranışı) olarak da tanımlanır.

The Thermodynamics Laws, an Overview



(c) C. Rose-Patruick, Brown University, 7-Jan-99, Chem 201 #1



Termodinamik Biliminin Tarihçesi

- Ateşin ya da tekerleğin bulunması gibi insanlık tarihindeki sıçrama dönemlerinden birisi olan endüstri devrimi 1697'de Thomas Savery'in ve 1712'de Thomas Newcomen'in İngiltere'de ilk buhar makinalarını yapmaları ile başlamıştır.
- James Watt 1765-1766 yıllarında bu makineleri geliştirerek Termodinamik bilimine önemli katkılarda bulunmuştur.
- Takip eden süreçte, 1850'lerde William Rankine, Rudolph Clausius ve William Thomson (Lord Kelvin) tarafından yapılan çalışmalar ile Termodinamik biliminin temelleri atılmaya başlanmıştır.
- İngiltere'de, tekstil endüstrisinin 18'inci yüzyılın başlarındaki hızlı gelişimi insan gücüyle karşılaştırıldığında buhar makinelerinden daha çok güç alınması ve verim elde edilmesini sağlamıştır. Bu verimliliğin getirdiği ekonomik kazanımlar termodinamik bilimine yönelik araştırmaların daha da yoğunlaşmasını sağlamıştır.
- Termodinamik terimi ilk kez İngiliz bilim adamı olan Lord Kelvin tarafından 1849 tarihli bir yayında kullanmıştır. İlk termodinamik kitabı ise Glasgow Üniversitesi öğretim üyelerinden William Rankine tarafından 1859'da yazılmıştır. Thomas Young enerji terimini 1807'de önermiştir.
- Daha sonra Albert Einstein'ın özel ve genel görelilik kurallarını geliştirmesi ile enerji ve kitlenin aynı şeyin farklı yüzleri oldukları ve birbirlerine dönüşebildikleri aşağıdaki meşhur denklem ile kuramsal temellerde gösterilmiştir:
- Enerji (Joule, J) = Kütle (Kilogram, kg) x Işığın boşluktaki hızı (m/sn)
- Einstein'ın bu bulgusu termo-nükleer bombaların ve nükleer enerji santrallerinin geliştirilmesine neden olmuştur.

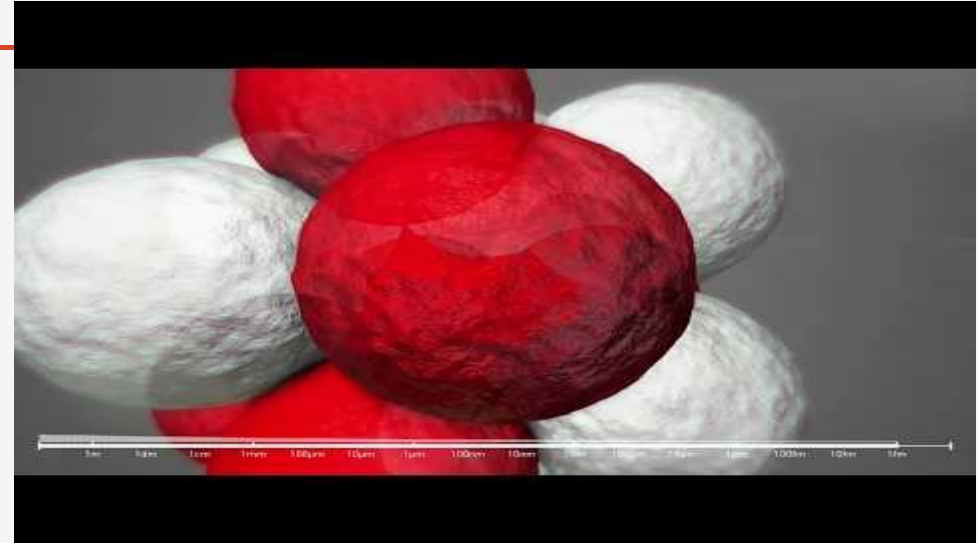


Video: https://www.youtube.com/watch?v=7WhRJV_bAiE
Fotografi çift tıklayın.

Bazı Terimler Ve Bilgiler

Atom

- Bilimciler bilimsel yöntemler kullanarak nispeten bilinen konulardaki bilgi birikimini arttırmaya çalışırlar. Filozoflar (felsefeciler) ise bilinmeyen konular üzerine çalışırlar. Atomun varlığı konusundaki gelişmeler felsefe ve bilim arasındaki ilişkinin güzel bir örneğidir. Milattan önce 5'inci yüzyılda Yunan filozof Democritus maddenin küçük, bölünemez parçacıklardan oluştuğunu öne sürdü.
- Modern atom teorisi, 1808'de John Dalton, 1911'de Ernest Rutherford, 1913'te Niels Bohr ve 1920'lerde kuantum mekaniğindeki gelişmelerle şekillenmiştir.
- Democritus'un öngörüsünden farklı olarak 20nci yüzyıldaki bilimsel gelişmeler atomun daha alt parçacıklara bölünebileceğini göstermiştir.
- Atom, bir "kimyasal" elementin kendine özgü özelliklerine sahip en küçük birimdir. Buna karşın atom birkaç çeşit parçacık içerir (ya da bu parçacıklardan yapılmıştır).



- Atomun merkezinde yer alan atom çekirdeği (İng. nucleus) proton adı verilen pozitif yüklü parçacıklardan ve nötron adı verilen yüksüz (nötr) parçacıklardan oluşur. Nötronlar "güçlü etkileşim kuvveti" olarak anılan bir kuvvet tarafından bir arada tutulurlar.
- Atomun çapı ise çekirdek çapından yaklaşık 100,000 kat büyüktür. Hidrojen atomunun bir protondan oluşan çekirdeğinin basketbol topu boyutunda olduğu varsayılırsa, elektron çekirdekten 1.5 km kadar uzakta yer alacaktır.
- Bir proton bir elektrondan 1836 kat daha ağırdır.



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Elementlerin Periyodik Tablosu

- Elementlerin periyodik tablosunda, numaralandırılmış her satır bir periyoddur (Tr. çevrim, dönem). Periyodik tablodaki her bir kutu, bir kimyasal elementtir.
- Bir periyoddaki (satırdaki) tüm elementler aynı sayıda elektron kabuğuna (İng. electron shell) sahiptir.
- Bir periyottaki her bir sonraki element bir tane daha fazla protona sahiptir ve öncekinden daha az metaliktir.
- Bu şekilde düzenlendiğinde, aynı sütundaki kimyasal element grupları, periyodik yasayı yansıtan benzer kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptir.

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
n	H 1							He 2
1								
2	Li 3	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Madde

- Madde, her şeyin yapıldığı şeydir. Madde gaz, sıvı veya katı halde (fazda) bulunabilir.
- Madde, saf bir element veya herhangi bir bileşik türü olabilir.
- Maddenin üç temel özelliği vardır: Birincisi, maddenin hacmi vardır (yer kaplar).
- İkincisi, maddenin kütlesi vardır (veya tartılabilir).
- Üçüncüsü, maddenin ataleti (eylemsizliği) vardır. Bu üç özellik de enerji ile ilgilidir.

Eylemsizlik (atalet)

- Fizikte atalet (eylemsizlik, İng, inertia), hareketli bir maddenin mevcut hareketini korumasını veya hareketsiz bir maddenin hareketsiz kalmasını sağlayan güçtür. Atalet, nesnelerin hızlarında oluşabilecek herhangi bir değişikliğe karşı gösterdikleri dirençtir. Her nesnenin eylemsizliği vardır ve bir nesnenin sahip olduğu eylemsizlik miktarı, sahip olduğu kütle miktarı ile doğrudan ilişkilidir; daha fazla kütle, daha fazla atalet ve dolayısıyla hızdaki değişime karşı daha fazla direnç demektir.



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Hareket

- Mekanikte hareket (İng. motion) bir cismin bir diğerine göre konumunun değişmesidir. *Dinamik* cisimlerin hareketini inceleyen bilim dalıdır.
- Bir cismin belirli bir doğrultudaki doğrusal hareket miktarının zamana oranı hız (velocity) olarak adlandırılır.
- İngilizce’de eğer hareketin doğrultusu belirtilmemişse hız (velocity) yerine “speed” kullanılır. Cismin hızının zamana göre değişimi ivme (acceleration) olarak adlandırılır. Kuvvet ve hareket arasındaki ilişkiler Newton yasaları ile ifade edilir.

Isı ve Sıcaklık

- Isı ve sıcaklık birbirlerinden farklı şeylerdir. Isı, bir cismin içerdiği bit tür enerjidir. Sıcaklık ise bağıl bir terimdir ve cismin birim kütlesi başına ne kadar ısı enerjisine sahip olduğunun bir göstergesidir. Isı enerjisinin nedeni atomik/moleküler düzeydeki hareketliliktir (titreşim, vibrasyon)
- Tıklayınız:
<https://www.youtube.com/watch?v=9N85S21thUs>.
- Bu hareketlilik arttıkça sistemin ısı enerjisi artar. Ya da, sisteme ısı enerjisi verildiğinde atomik/moleküler düzeydeki hareketlilik artar. Bu hareketlilik mutlak sıfır sıcaklıkta (0 Kelvin derecesi) hemen hemen durur (Üçüncü yasa).

Bazı Terimler Ve Bilgiler

Isı ve Sıcaklık

- Isı ve sıcaklık birbirlerinden farklı şeylerdir. Isı, bir cismin içerdği bit tür enerjidir. Sıcaklık ise bağıl bir terimdir ve cismin birim kütlesi başına ne kadar ısı enerjisine sahip olduğunun bir göstergesidir. Isı enerjisinin nedeni atomik/moleküler düzeydeki hareketliliktir (titreşim, vibrasyon)
- Tıklayınız:
<https://www.youtube.com/watch?v=9N85S21thUs>.
- Bu hareketlilik arttıkça sistemin ısı enerjisi artar. Ya da, sisteme ısı enerjisi verildiğinde atomik/moleküler düzeydeki hareketlilik artar. Bu hareketlilik mutlak sıfır sıcaklıkta (0 Kelvin derecesi) hemen hemen durur (Üçüncü yasa).

Video: Isı ve sıcaklık

<https://www.youtube.com/watch?v=LL54E5CzQ-A>

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



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Sıcaklık Ölçekleri

- Herhangi bir büyüklük ölçüsünün herkes tarafından aynı şekilde anlaşılması için ölçek kullanırız. Örneğin 1 m, bir uzunluk ölçüm standardı olup, büyüklüğü herkes tarafından bilinmektedir. Benzer biçimde sıcaklık ölçümü için de farklı ölçekler kullanılır.
- Bugün yaygın kullanımda olan üç sıcaklık ölçeği vardır:
- Fahrenheit (okunuşu fahrenheit),
- Celsius (okunuşu selsiyus ya da santigrad) ve
- Kelvin.
- Fahrenheit sıcaklık ölçeği, suyun donma noktası için 32 °'yi ve suyun kaynama noktası için 212 °'yi kullanan bir ölçek olup, ikisi arasındaki aralık 180 parçaya bölünmüştür.

Mutlak Sıcaklık (K)

- Mutlak (İng. absolute) sıcaklık ölçeği olan Kelvin ölçeğinde sıfır noktası olarak kabul edilen mutlak sıfır sıcaklığında bir maddenin molekülleri en düşük enerjiye sahiptirler.
- Kelvin ve santigrad derece ölçekleri arasındaki ilişki şu şekildedir. $0\text{ }^{\circ}\text{K} = -273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Uzayın sıcaklığı 2.7°K'dir. Büyük Patlama (İng. Big Bang) sonrasında bu sıcaklığın 3°K olduğu öngörülmektedir.
- Yerkürenin ortalama sıcaklığı 288°K'dir (= 15 °C).
- Oda sıcaklığında (298 °K), hava molekülleri 1800 km/sa hızla hareket eder, 0.01 °K'de bu hız 0.18 km/sa'e inmektedir.
- Bugünkü bilgilerimize göre Maddenin mutlak sıfır sıcaklığı yaklaşması mümkün fakat ulaşması mümkün değildir.



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Katı

- Katı, maddenin üç durumdan (fazından) biridir. Katı bir madde akamaz ve bir sıvının yaptığı gibi içinde tutulduğu kabın şeklini almaz. Bir katı ısıtılırsa, erime noktasına ulaştığında sıvı faza (duruma) dönüşecektir. Sıvı içinde bulunduğu kabın/ortamın şeklini alır. Bunu yapmak için hareket eder. Viskozite sıvının akışa gösterdiği dirençtir. Daha viskoz (daha az akışkan) sıvıların az viskoz (daha akışkan) sıvılara göre içinde bulundukları kabın şeklini almaları daha uzun sürer (örğ. su ve bal örneklerinde olduğu gibi). Artan sıcaklık viskoziteyi azaltır (örğ. soğuk ve sıcak bal örneklerinde olduğu gibi. Neden?)

Faz

- Faz (İng. Phase) maddenin hallerini tanımlar. Bir maddenin katı, sıvı ve gaz şeklinde üç hali bulunur (özel bir durum olan plazma fazı konumuz dışıdır). Bir maddenin hangi fazda bulunduğu sahip olduğu ısı enerjisi ile ilgilidir. Düşük ısı içeriğinde katı halde bulunan madde artan ısı içeriği ile sıvı ve gaz fazlara dönüşebilir. Katı ve gaz fazlar arasında geçiş (buharlaştırma ya da tersi süblimleşme) olabilir. Düşük ısı içeriğine sahip olan katı fazda atomik sahip olunan ısı enerjisinden kaynaklanan titreşim atomlar arası uzaklıkta önemli bir artışa neden olmaz. Isı enerjisi arttıkça artan atomik titreşim atomlar arası uzaklığın artmasına neden olur. Bir noktaya kadar artan ısı enerjisi katının şekil değiştirmesine neden olmaz. Verilen ısı enerjisi ile katı erime sıcaklığına ulaştığında erimeye yani sıvı faza geçmeye başlar. Sisteme daha fazla ısı verildiğinde atomik hareketlilik daha da artar ve belirli bir ısı düzeyinden sonra sıvı fazda gaz faza geçilir. Faz geçişleri sırasında atomik hareketlilik düzeylerinde ani artışlar (ya da azalmalar) olur.



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Enerji

- Fizikte enerji (İng. energy), iş yapma yeteneği veya kapasitesi olarak tanımlanır. Bir kuvvet bir cisme etki ettiğinde, yapılan iş (ve harcanan enerji) kuvvetin uygulandığı mesafe ile doğru orantılıdır.
- Joule enerji birimidir: Bir metrelik bir mesafede hareket eden bir newtonluk kuvvetinin yaptığı işe eşit bir iş veya enerji birimi.
- Enerji potansiyel, kinetik, termal, elektriksel, kimyasal, nükleer veya diğer çeşitli şekillerde mevcut olabilir. Enerjinin bir cisimden diğerine geçiş sürecinde ısı ve iş yani enerji aktarımı vardır. Aktarılan ısı termal enerji haline gelebilirken, yapılan iş mekanik enerji şeklinde kendini gösterebilir.

Hareket

- Tüm enerji biçimleri hareketle (İng. motion) ilişkilidir. Örneğin, herhangi bir cisim hareket halindeyse kinetik enerjiye sahiptir. Yay veya yay gibi gerilmiş bir aygıt, hareketsiz halde olsa da, hareket yaratma potansiyeline sahiptir ve konfigürasyonu (iç düzeni) nedeniyle potansiyel enerji içerir. Benzer şekilde, nükleer enerji potansiyel enerjidir ve bir atomun çekirdeğindeki atom altı parçacıkların konfigürasyonundan kaynaklanır.
- Enerji ne yoktan var edilebilir ne de yok edilebilir, sadece bir formdan diğerine dönüşebilir (Termodinamiğin Birinci Yasası). Bu ilke, enerjinin korunumu yasası olarak da bilinir.
- Sinerji (İng. synergy), her biri kendi enerjisine sahip olan sistemlerin birlikte hareket etmeleri durumunda ortaya çıkan serbest enerjinin ya da daha doğru bir deyişle yapılan işin daha fazla olmasıdır.
- Soru: Ekserji nedir? (İpucu: Faydalı iş nedir?)



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Kuvvet

- Fizikte kuvvet (İng. force), karşı koyulmadığında bir nesnenin hareketini değiştiren herhangi bir etkileşimdir. Kuvvet, kütlesi olan bir nesnenin hızını değiştirmesine neden olabilir. Kuvvet aynı zamanda sezgisel olarak itme veya çekme olarak da tanımlanabilir. Bir kuvvetin hem büyüklüğü hem de yönü vardır ve bu onu vektörel bir nicelik yapar.
- Newton kuvvet birimidir: SI kuvvet birimi. Bir kilogramlık bir kütleye saniyede bir metre ivme verecek kuvvete eşittir
- ($F = m \cdot a$, $1\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)

İş ve Güç

- Fizikte iş (İng. work), bir yer değiştirme boyunca kuvvet uygulanması yoluyla bir nesneye veya bir nesneden aktarılan enerjidir.
- İş (İng. work) ile enerji arasındaki ilişkiye basit bir örnek olarak masa üzerindeki bir cismin F kuvveti ile itilerek konumunun (x) değiştirilmesi durumu verilebilir.
- Bir cisme kuvvet uygulandığında yapılan iş (W) (kullanılan enerji) uygulanan kuvvet (F) ile enerjinin harcandığı uzaklığın (x) çarpımıdır ($W = F \cdot x$).
- İş birimi SI temel birimlerinde $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ 'dir (= joule, J)
- Fizikte güç (İng. power), birim zamanda aktarılan veya dönüştürülen enerji miktarıdır. Uluslararası Birimler Sisteminde, güç birimi saniyede bir joule'e eşit olan Watt'tır.
- Güç, skaler bir niceliktir. Birimi SI temel birimlerinde $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} = \text{Watt}$ 'tır.



Bazı Terimler Ve Bilgiler

Kuvvet ve İş

Fizikte iş (İng. work), bir yer değıştirme boyunca kuvvet uygulanması yoluyla bir nesneye veya bir nesneden aktarılan enerjidir.

En basit haliyle, genellikle kuvvet ve yer değıştirmenin ürünü olarak temsil edilir.

İş (İng. work) ile enerji arasındaki ilişkiye basit bir örnek olarak masa üzerindeki bir cismin F kuvveti ile itilerek konumunun (x) değıştirilmesi durumu verilebilir.

Bir cisme kuvvet uygulandığında yapılan iş (W) (kullanılan enerji) uygulanan kuvvet (F) ile enerjinin harcandığı uzaklığın (x) çarpımıdır ($W = F \cdot x$).

İş birimi SI temel birimlerinde $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ 'dir (= joule, J)

Video: Enerji ve İş

<https://www.youtube.com/watch?v=zVRH9d5PW8g>

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



Termodinamik Özellikler

Özellik

- Özellik: Herhangi bir sistemin karakteristiğidir. Örneğin basınç P , sıcaklık T , hacim V ve kütle m özelliklerdir. Özellikler Yerel, yaygın ya da özgül olabilir:
- Yaygın (İng. extensive) özellikler: Sistemin büyüklüğü ile orantılıdır (hacim, kütle).
- Yerel Özellikler (İng. Intensive): Sistemin büyüklüğünden bağımsızdır (sıcaklık, basınç, yoğunluk).
- Özgül (İng. Specific) Özellikler: Birim kütle için yaygın özellikler özgül ön eki ile ifade edilir.
- Termodinamik özellikler maddenin ya da sistemin Aktivite, Sıkıştırılabilirlik (adyabatik, izotermal), Entalpi, Spesifik entalpi, Entropi, Spesifik entropi, Gibbs serbest enerjisi, Isı kapasitesi (sabit basınç), Özgül ısı kapasitesi (sabit basınç), Isı kapasitesi (sabit hacim), Özgül ısı kapasitesi (sabit hacim), İçsel enerji, Özgül iç enerji, Basınç, Sıcaklık, Termal iletkenlik, Özgül hacim.

Yaygın Özellikler

Yaygın bir özellik, mevcut kütle miktarına veya bir sistemin boyutuna veya uzanımına bağlıdır. Kütle, toplam hacim ve enerji kapsamlı özelliklere örnektir. Yaygın bir özelliğin değeri doğrudan doğruya kütleyle göre değişir. Bu nedenle, belirli bir durumdaki bir madde miktarı iki eşit parçaya bölünürse, her parça orijinal ile aynı yerel özellik değerine ve yaygın özelliğin yarı değerine sahip olacaktır.

Yerel Özellikler

Yerel bir özellik, kütle miktarından bağımsızdır ve sistem içinde her an bir yerden başka bir yere değişebilir. Örneğin, termal dengede bir sistemin sıcaklığı, sistemin herhangi bir bölümünün sıcaklığı ile aynıdır. Sistem bölünürse, her bir alt sistemin sıcaklığı aynıdır.

Özgün Özellikler

Malzemenin özgün (İng. specific) özellikleri, bu malzemenin diğer yerel ve yaygın özelliklerinden türetilmiştir. Örneğin, su yoğunluğu yerel bir özelliktir ve bir su hacminin (yaygın bir özellik) kütlesinin hacme (başka bir yaygın özellik) bölünmesiyle elde edilebilir.



Termodinamik Özellikler

Bazı termodinamik özellikler tablosu:

Yaygın Özellik	Sembol	SI birimi	Yerel özellik	Sembol	SI birimi
Hacim	V	m ³ ya da L	Özgül Hacim	v	m ³ /kg ya da L/kg
İçsel Enerji	u	J	Özgül İçsel Enerji	u	J/kg
Entropi	S	J/K	Özgül Entropi	s	J/(kg-K)
Entalpi	H	J	Özgül Entalpi	h	J/kg
Gibbs serbest enerjisi	G	J	Özgül Gibbs serbest enerjisi	g	J/kg
Isı kapasitesi (sabit sıcaklıkta)	C _v	J/K	Özgül Isı kapasitesi (sabit sıcaklıkta)	c _T	J/(kg-K)
Isı kapasitesi (sabit basınçta)	c _p	J/K	Özgül Isı kapasitesi (sabit basınçta)	c _p	J/(kg-K)



Neler öğrendik?



ISI ?

ATOM ?

ENERJİ ?

MADDE ?

İŞ ?

KUVVET ?

Joule ?

Newton?

Termodinamik Özellikler ?

