

1. TANIMLAR

[\(Ref. e makaleleri\)](#)

Enerji, Isı, İş:

Enerji: Enerji, iş yapabilme kapasitesidir; çeşitli şekillerde bulunabilir ve bir tipten diğer bir şekle dönüşebilir. Örneğin, yakıt kimyasal enerjiye sahiptir; yandığı zaman ısı açığa çıkar ve ısı enerjisine dönüşür. Bu enerjinin bir kısmı, Termodinamik Kanunlara uygun olarak mekanik işe dönüşebilir. İzole bir sistemde toplam enerji sabittir. SI sistemde enerji birimi joule (J) ile verilir.

Isı: Sistem ile ortam arasındaki sıcaklık farkından doğan enerji akışıdır; veya, sıcaklık farkıyla bir maddeden diğerine taşınabilen bir enerji şeklidir. Bir maddeye ısı verildiğinde maddenin ya sıcaklığı yükselir veya fiziksel hali değişir; suyun buharlaşması gibi. Adyabatik izole bir sistem, başlangıçtaki A halinden basınç uygulandığında B haline geçtiğinde, sistemde yapılan adyabatik iş w_{ad} dir. Bu durumda Birinci Kanuna göre, "A halinden B haline geçen bir sistemde yapılan iş, sadece ilk ve son hallere bağlıdır ve bir hal fonksiyonu olan iç enerjideki (U) artışa eşittir".

$$\Delta U = U_B - U_A = w_{ad}$$

Sistemin yine A halinde olduğunu, fakat "diatermik" bir duvarla çevrildiğini varsayalım. Böyle bir duvar ayrı sistemlerin ısı dengeye gelmesine olanak verir. Bu durumdaki sistem A halinden, sonsuz sayıda yollardan birini izleyerek B haline geçer (adyabatik olmayan yollar). Sistemde yapılan iş w dir. $w_{ad} - w$ farkı, A dan B ye geçişte sisteme transfer edilen ısıdır.

$$q = w_{ad} - w, \text{ veya } q = \Delta U - w$$

Buna göre bir işlemde transfer edilen q ısı, sistemde A dan B ye giderken yapılan adyabatik iş ile nonadyabatik bir iş arasındaki farka eşittir.

İş: Bir madde üzerine kuvvet uygulandığında iş yapılır ve madde kuvvet yönünde hareket eder. Termodinamik bir sistem yoluyla iş yapıldığında, sistem genellikle bir gazdır, sabit basınçta gazın yaptığı iş,

$$W = P \times \Delta V$$

Basınç sabit olmadığında genel iş eşitliği, aşağıdaki şekildedir.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P \Delta V$$

Sistem tarafından yapılan iş termodinamiğin birinci yasası gereği, sistemin iç enerjisini düşürür,

Enerji, ısı, iş birimleri,

$$1 \text{ J (Joule)} = 1 \text{ Nm} = 2.778 \times 10^{-7} \text{ kW.sa} = 2.389 \times 10^{-4} \text{ kcal}$$

$$1 \text{ Btu} = 1055.06 \text{ J} = 2.931 \times 10^{-4} \text{ kW.sa} = 0.252 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 4186.8 \text{ J} = 1.163 \times 10^{-3} \text{ kW.sa} = 3.088 \text{ ft.lbf} = 3.9683 \text{ Btu}$$

(Q^* veya Q = sisteme veya sistemden ısı akış hızı, enerji/zaman;

W^* veya W = sisteme verilen veya sistemden alınan mekanik güç, enerji/zaman)

Sıcaklık:

Sıcaklık: Sistem ile ortam arasında ısı akışının yönünü belirleyen hal değişkenidir; ısının ölçüm tanımlamasını yapan bir birimdir, enerji değildir. Bir başka deyişle sıcaklık ortamdaki ortalama moleküler hareketin bir ölçüsüdür. Isı ve sıcaklık birbirine bağlı olarak değişen kavramlardır. Yani ısı fazla olan bir cismin sıcaklığı fazla, ısı az olan bir cismin sıcaklığı azdır. Isı enerji olması sebebi ile bir büyüklüktür. Sıcaklık ısı değildir, ama sistemdeki moleküllerin her türden kinetik enerjileri toplamının bir fonksiyonudur.

Sıcaklık skalaları, sıcaklık tayininde uygun referanslar olarak kabul edilen keyfi termometrik kalibrasyonlardır. 1 atmosfer basınç altında suyun donma ve kaynama noktasına dayanan iki termometrik skala vardır; Celcius (C) veya santigrat skalası ve Fahrenheit (F) skalası. Ayrıca tüm moleküler hareketlerin teorik olarak durduğu mutlak sıfır Kelvin (K) ve Rankine (R) skalaları vardır; bunlar C ve F skalalarıyla ilişkilidir. ($R = ^\circ F + 459.69$).

$$1 ^\circ C = 1.8 ^\circ F$$

$$1 ^\circ F = 0.555 ^\circ C$$

$$T (^{\circ}R) = (9/5) T (K)$$

$$T (^{\circ}F) = [T (^{\circ}C)] (9/5) + 32$$

$$T (^{\circ}F) = [T (K) - 273.15] (9/5) + 32$$

$$T (^{\circ}C) = 5/9 [T (^{\circ}F) - 32]$$

Basınç (p):

Basınç, birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlanır. Basınç, gösterge (gage) basıncı (g, gage) veya mutlak (a, absolute) basınç terimleriyle kullanılır. Sıradan

bir basınç göstergesi atmosfer basıncının üstündeki basınçları ölçer. Mutlak basınç değerini bulmak için gösterge basıncına, barometreyle ölçülen atmosfer basıncı ilave edilir. Atmosfer basıncı çoğunlukla inç civa cinsinden ölçüldüğünden, bu değer, hangi sistem (SI veya US) kullanılıyorsa gerekli dönüşüm faktörü ile çarpılarak gösterge basıncına ilave edilir. Örneğin, bir buhar kazanının basıncı 250 psig ve barometrik basınç 28.5 in civa ise, buharın mutlak basıncı, $p = 250 + (28.5 \times 0.491) = 264$ psia olur. Standart (SI) basınç birimi Paskal (N/m^2) dir.

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kN/m}^2 = 101.325 \text{ kPa} = 14.7 \text{ psia}$$

$$1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar} = 9.869 \times 10^{-6} \text{ atm} = 1.45 \times 10^{-4} \text{ psi}$$

$$1 \text{ psi} = 6894.8 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ in civa} = 3376.8 \text{ N/m}^2 = 0.49 \text{ lb/in}^2$$

Standart Sıcaklık ve Basınç (STP):

STP, İdeal gazların işlemlerinde ve özelliklerinin tanımlanmasında kullanılan standart referans noktalarıdır. Standart sıcaklık suyun donma noktası, standart basınç 1 atmosferdir.

$$\text{Standart sıcaklık: } 0 \text{ } ^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$$

$$\text{Standart basınç} = 1 \text{ atmosfer} = 760 \text{ mm Hg} = 101.3 \text{ kPa}$$

Güç:

Güç, iş yapma hızı, veya enerji kullanma hızı olarak tanımlanır; örneğin, 1 saniyede 100 J iş yapıldığında (100 J enerji kullanıldığında) elde edilen güç 100 watt tır.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^3 = 1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ kW} = 3413 \text{ Btu/h}$$

$$1 \text{ metric beygir gücü} = 736 \text{ W} = 75 \text{ kg m/s}$$

$$1 \text{ ft lb/s} = 1.3558 \text{ W}$$

$$1 \text{ Btu/s} = 1055.1 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 3.6 \text{ kJ/sa}$$

$$3600 \text{ kJ/sa} = \text{kW}$$

$$3 \text{ 600 000 kJ/sa} = \text{MW}$$

Spesifik (Öz) Isı Kapasitesi:

Bir maddenin öz ısı, birim kütle için sıcaklığını $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ (veya $1 \text{ } ^\circ\text{F}$) yükseltmek için gerekli olan ısı miktarıdır.

$$Q = c \times m \times \Delta T$$

Spesifik ısı kapasitesi birimleri,

$$1 \text{ kJ}/(\text{kg K}) = 0.2389 \text{ kcal}/(\text{kg } ^\circ\text{C}) = 0.2389 \text{ Btu}/(\text{lb}_m \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$1 \text{ Btu}/(\text{lb}_m \text{ } ^\circ\text{F}) = 4,186.8 \text{ J}/(\text{kg K}) = 1 \text{ kcal}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$$

$$1 \text{ kcal}/(\text{kg } ^\circ\text{C}) = 4,186.8 \text{ J}/(\text{kg K}) = 1 \text{ Btu}/(\text{lb}_m \text{ } ^\circ\text{F})$$

Spesifik Hacim (v):

Bir maddenin spesifik hacmi (v), birim kütlenin kapladığı hacimdir. Birimleri,

$$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.02 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 27680 \text{ in}^3/\text{lb}_m = 1000 \text{ L}/\text{kg}$$

$$1 \text{ L}/\text{kg} = 0.016 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 27.7 \text{ in}^3/\text{lb}_m = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

İç Enerji (U):

İç enerji, sabit hacim altında yürüyen olaylardaki ısı alış verişlerini gösteren bir fonksiyondur. Sistemin sahip olduğu toplam enerji "iç enerji" olarak adlandırılır ve U ile gösterilir.

$$U = U_0 + U_{\text{titreşim}} + U_{\text{dönme}} + U_{\text{ötelenme}} + U_{\text{elektron}} + U_{\text{çekirdek}}$$

$u_0 = mc^2$ sistemin kütlesine karşılık gelen durgun enerjisi göstermektedir.

$$\Delta U = U_B - U_A = q + w$$

İç enerji birimleri, enerji birimleriyle aynıdır.

Entalpi (H):

Entalpi, sabit basınç altında yürüyen olaylardaki ısı alış verişlerini gösteren bir fonksiyondur.

Buharlaştırma entalpisi, sıvı moleküllerini birbirinden ayırmak, yani moleküller arasındaki çekim kuvvetlerini yenmek ve bunların sabit basınçtaki ortama doğru genişmesi sırasında yapılan iş için harcanan enerjidir.

$$h = U + pV$$

Entalpideki artış, P ΔV işinden başka bir iş yapılmadığı durumda, sabit basınçta absorblanan ısıya eşittir.

$$\Delta H = H_2 - H_1 = q_p$$

Entalpi birimleri,

$$1 \text{ Btu}/\text{lb}_m = 778.2 \text{ ft lb}_f / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ Btu/lb}_m = 5.56 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/g} = 2.326 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ kcal/kg} = 1.80 \text{ Btu/lb}_m = 4,187 \text{ J/kg}$$

Entropi:

Entropi çeşitli şekillerde tanımlanabilen bir hal değişkenidir; örneğin, işe dönüştürülmesi olanaksız olan enerjinin bir ölçüsüdür; bir sistemin düzensizlik derecesinin bir ölçüsüdür; bir sistemin çeşitliliğinin bir ölçüsüdür.

Entropi önemli, fakat anlaşılması zor bir miktardır. Basit bir şekilde "kullanılmayan veya atılan enerjinin bir ölçüsüdür" denilebilir. Bir motor veya türbinde buharın genişlemesi sırasında entropi değişikliği olmuyorsa, enerji atılmıyor demektir. Entropi artarsa, enerjinin bir kısmı kaybolur ve faydalı işe dönüşemez. Bu nedenle sabit entropide yapılan genişleme en verimli olanıdır ve buna "sabit-entropi" prosesi denir.

Entropi birimleri,

$$1 \text{ Btu/lb}_m = 2,326.1 \text{ J/kg} = 778.2 \text{ ft lb}_f / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ Btu/lb}_m = 5.56 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/g} = 2.326 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ kcal/kg} = 1.80 \text{ Btu/lb}_m = 4,187 \text{ J/kg}$$

Termodinamik Kanunlar

Termodinamik, ısı enerjisi ve değişimi bilimidir. Güç üniteleri termodinamiği ısı enerjisi ve bunun mekanik veya elektrik işe dönüşümünü kapsar.

Termodinamiğin 0. Kanunu:

Bir ısı deposu (A), farklı iki ısı deposuyla (B ve C) ayrı ayrı termal dengede ise, B ve C de birbiriyle termal dengededir.

$$T_A = T_B \quad T_A = T_C \text{ ise} \quad T_B = T_C \text{ dir.}$$

Sıfırıncı Yasa, sıcaklık kavramına ve sıcaklık ölçüm aracı olan bir termometrenin kullanımına açıklık getirir. Termodinamik sıcaklık skalasında sıcaklıklar T ile gösterilir ve Kelvin (K) cinsinden verilir:

Termodinamiğin Birinci Kanunu:

Termodinamiğin birinci kanunu, mekanik enerjinin korunması ilkesinin genişletilmiş bir halidir. Enerjinin bir sistemden diğerine transfer edilmesi iş ve ısı oluşmasıyla sağlanır. İki sistem arasında ısı temas sonucu bir sıcaklık farkı oluşuyorsa,

enerji bir sistemden diğereine ısı şeklinde aktarılmıştır. Açık sistemler arasında da sistemden sisteme madde taşınmasıyla ısı transferi yapılabilir. Ancak "bir sistemin ısı" veya "iş" yerine "bir sistemin enerjisi"nden bahsedilir.

$$dU = dq + dw \quad \Delta U = q + w$$

Eşitlik, bir sistemin iç enerji değişikliğini tanımlar; iç enerji bir hal fonksiyonudur. dU , ΔU = sistemin iç enerji değişimi, dq , q = sistem içinde ısı transferi, dw , w = sistem üzerinde yapılan iş ($Iş = kuvvet \times yol$).

Termodinamiğin İkinci Kanunu:

Termodinamiğin İkinci Kanunu, birbiri ile eşdeğer olan çeşitli şekillerde tanımlanır.

Kelvin İlkesi: Bir rezervuarı ısını absorblayarak tümüyle işe dönüştürebilen bir proses olanaksızdır.

Clausius İlkesi: "Bir çevrimde çalışan" bir makine daha soğuk bir kısımdan daha sıcak bir kısma ısı taşımanın dışında bir şey yapamaz. Entropi, ($S \equiv dq_{tersinir}/T$) bir hal fonksiyonudur.

Termodinamiğin Üçüncü Kanunu:

"Mutlak sıfır sıcaklığında saf ve hatasız kristallerin mutlak entropileri sıfırdır",

$$T \longrightarrow 0 \quad S \text{ (saf ve hatasız kristaller)} = 0$$

Termodinamiğin Üçüncü Kanununun yeterli tanımı, ilk defa 1923 yılında G.N.Lewis ve M.Randall tarafından yapılmıştır: "Her elementin kristal haldeki entropisinin mutlak sıfır sıcaklığında sıfır kabul edilmesi halinde, her maddenin sonlu sayıda pozitif bir entropisi bulunur; fakat mutlak sıfır noktasında, entropi de sıfır olacağından, maddeler mükemmel kristal haldedirler".

Güç Çevrimi:

Güç çevrimi bir grup işlemde oluşur ve kapalı bir devredir; amaç, ısı enerjisinin mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Örneğin, basit buhar çevrimi:

- (1) suyun kazana pompalanması,
- (2) suyun buharlaştırılması ve oluşan buharın aşırı ısıtılması (kızgın buhar),
- (3) kızgın buharın bir türbin veya motorda genişletilmesi,
- (4) çıkan (eksoz) buharın yoğunlaştırılması, işlemlerini kapsar. Kondensat, besleme pompasına gider ve çevrim tekrarlanır.

Enerji dengesi:

$$(q_{giriş} - q_{çıkış}) - (W_{türbin} - W_{pompa}) = 0$$

Çevrim Verimi:

Bir türbin veya motorda üretilen işin, kazandaki buhara verilen ısıya oranıdır.

$$\eta = \frac{W_{net}}{Q_{giren}}$$

Buhar:

Gazlar gibi davrandıkları halde buldukları sıcaklıkta basınçla sıvılaştırılabilen akışkanlardır.

Sıvısı ile dengede olan buhara "doymun buhar", doymun buhar ile aynı basınçta fakat daha yüksek sıcaklıktaki buhara "kızgın buhar", doymun buhar ile doymun sıvı eğrileri arasındaki heterojen karışıma "ıslak buhar" adı verilir.

Buhar Hızı:

Buhar hızı, trotilda (basınç azaltıcı) saatte 1 hp veya 1 kW güç elde edebilmek için gerekli buhar miktarıdır.

$$1 \text{ kW} = 3413 \text{ Btu/h}$$

$$\text{Teorik buhar hızı, lb/kW.sa} = \frac{3413 \text{ Btu/lb}}{W_{türbin} \text{ Btu/lb} \times 1 \text{ kW.sa/lb}}$$

$$1 \text{ kW} = 3600 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Teorik buhar hızı, kg/kW.sa} = \frac{3600 \text{ kJ/kg}}{W_{türbin} \text{ kJ/kg} \times 1 \text{ kW.sa/kg}}$$