

Termodinamik: Mühendislik Yaklaşımıyla, 5. Baskı
Yunus A. Çengel, Michael A. Boles
Çeviri Editörü: Ali PINARBAŞI
McGraw-Hill, 2008

Bölüm 2

ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ VE GENEL ENERJİ ÇÖZÜMLEMESİ

Prof. Dr. Ali PINARBAŞI

Amaçlar

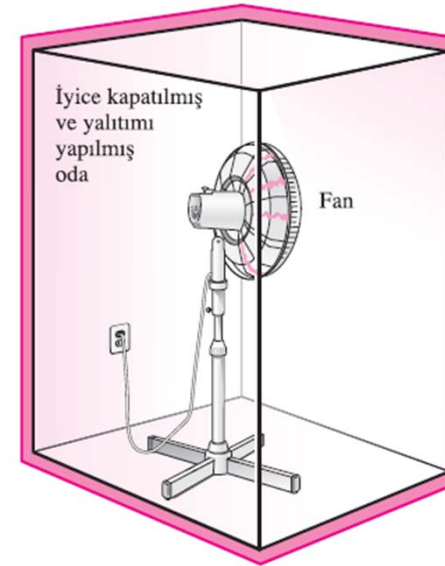
- Enerji kavramının ve değişik biçimlerinin tanımlanması
- İç enerjinin tanımlanması
- Isı kavramının ve ısı yoluyla enerji geçişinin tanımlanması
- Üç farklı ısı geçişinin gerçekleşme yolunun tanımlanması: iletim, taşınım ve ışınım
- İş kavramının ve elektrik işi ile beraber mekanik iş biçimlerinin tanımlanması
- Termodinamiğin birinci yasası, enerji dengeleri ve bir sisteme veya bir sistemden enerji geçişinin gerçekleşme yollarının tanımlanması
- Kontrol yüzeyinden ısı ve iş biçimindeki enerji geçişine ek olarak, kontrol hacminde kontrol yüzeyini geçen akışkanın taşıdığı enerjinin belirlenmesi
- Enerji dönüşüm verimlerinin tanımlanması.
- Çevrede enerji dönüşümünün anlamının ele alınması.

GİRİŞ

- İçindeki hava ve buzdolabı ile tüm oda sistem olarak ele alınırsa; sistem sınırlarını geçerek odaya giren elektrik enerjisi etkileşimi vardır. Odanın her yeri kapalı ve iyi yalıtılmış olduğundan adyabatik kapalı sistemdir. Enerjinin korunum ilkesine göre odada artış gösteren enerji, buzdolabı tarafından kullanılan ve kolayca bir elektrik sayacı tarafından ölçülebilecek olan elektrik enerjisine eşittir.
- Buzdolabı veya motoru bu enerjiyi depolamaz. Bunun için bu enerji odadaki havaya verilmiş olmalıdır ve kendini odadaki sıcaklık artışı ile gösterir.



İyice kapatılmış ve yalıtılmış bir odada kapısı açık bir buzdolabının çalıştırılması



İyice kapatılmış ve yalıtılmış yapılmış bir odada çalıştırılan fan odadaki havanın sıcaklığını arttıracaktır.

ENERJİNİN BİÇİMLERİ

- Enerji ısı, mekanik, kinetik, potansiyel, elektrik, manyetik, kimyasal, nükleer gibi değişik biçimler alabilir. Bunların tümünün toplamı, sistemin **toplam enerjisini (E)** oluşturur.
 - Termodinamik sadece, mühendislik açısından önem taşıyan bir husus olan **toplam** enerjideki değişimlerle ilgilenir.
 - **Enerjinin makroskopik formu:** sistemin tümünün bir dış referans noktasına göre sahip olduğu enerjidir, kinetik ve potansiyel enerji gibi
 - **Enerjinin mikroskopik formu :** sistemin moleküler yapısı ve moleküler hareketliliğiyle ilgilidir ve dış referans noktalarından bağımsızdır.
 - **İç enerji, U :** Mikroskopik enerjilerin tümünün toplamı
- **Kinetik enerji, KE :** Sistemini, bir referans noktasına göre hareketinden dolayı sahip olduğu enerjiye denir.
 - **Potansiyel enerji, PE :** Sistemin bir yerçekimi alanındaki yüksekliğine bağlı olarak sahip olduğu enerjiye denir.



Bir cismin makroskopik enerjisi hız ve yükseklikle değişir.

Kinetik enerji

$$KE = m \frac{V^2}{2} \quad (\text{kJ})$$

Kinetik enerji
birim kütle için

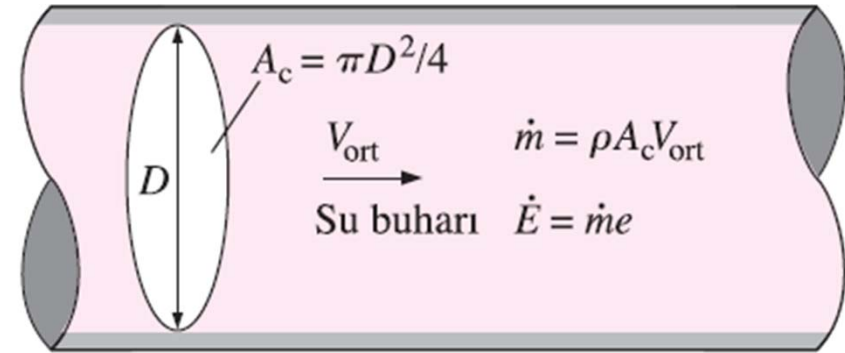
$$ke = \frac{V^2}{2} \quad (\text{kJ/kg})$$

Potansiyel enerji

$$PE = mgz \quad (\text{kJ})$$

Potansiyel enerji
birim kütle için

$$pe = gz \quad (\text{kJ/kg})$$



Kütlesel debi

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho A_c V_{\text{ort}}$$

Sistemin toplam enerjisi

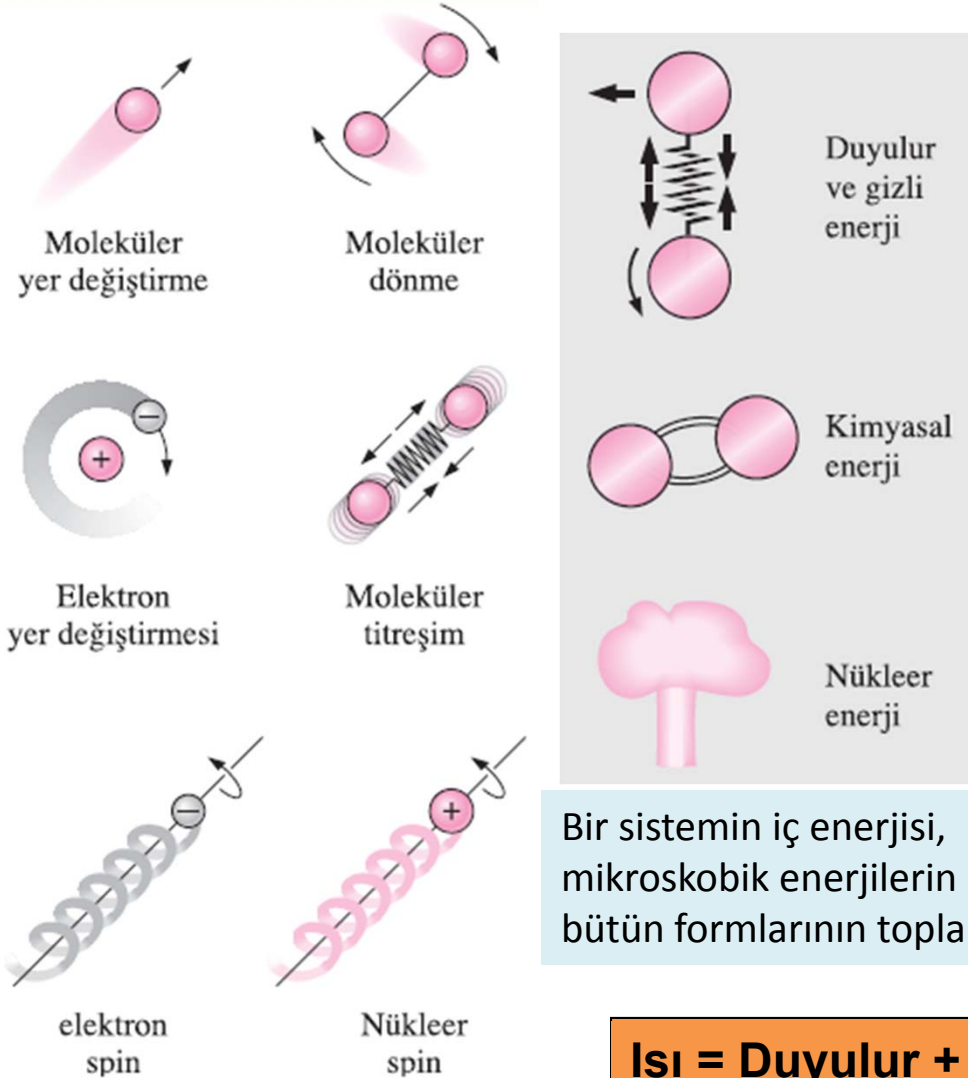
$$E = U + KE + PE = U + m \frac{V^2}{2} + mgz \quad (\text{kJ})$$

Birim zamandaki enerji

$$e = u + ke + pe = u + \frac{V^2}{2} + gz \quad (\text{kJ/kg})$$

$$\dot{E} = \dot{m}e \quad (\text{kJ/s veya kW})$$

İç Enerji Hakkında Bazı Fiziksel Gözlemler



Bir sistemin iç enerjisi, mikroskobik enerjilerin bütün formlarının toplamıdır.

Duyulur enerji: Sistemin iç enerjisinin, moleküllerin kinetik enerjisiyle ilişkili olan bölümüne denir.

Gizli enerji: Sistemin, fazıyla ilgili bu iç enerjisine denir.

Kimyasal enerji: Bir molekülün atomları arasındaki kuvvetlerle ilgili iç enerjiye denir.

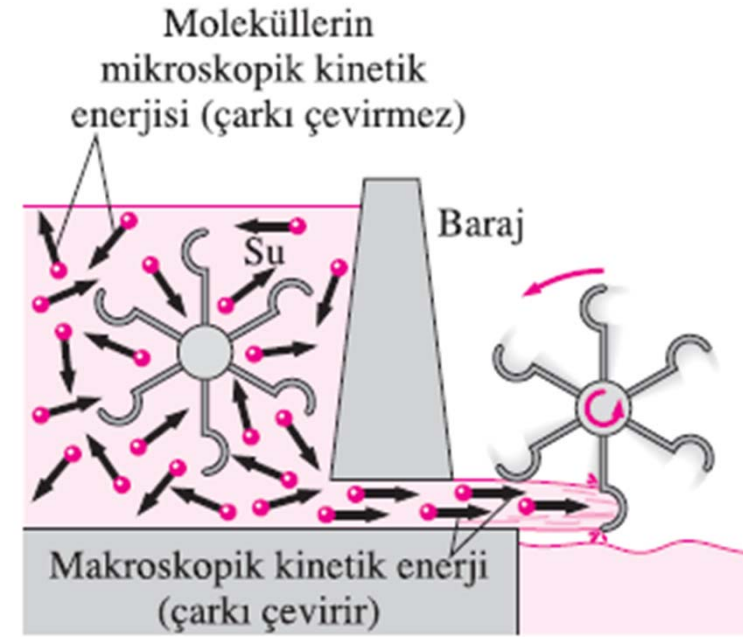
Nükleer enerji: Atom çekirdeği içindeki parçacıklar arasında var olan bağlarla ilişkili çok büyük miktarlardaki iç enerjiden de söz etmek gerekir

Duyulur iç enerjiyi oluşturan moleküler enerji biçimleri.

Isı = Duyulur + Gizli

İç Enerji = Duyulur + Gizli + Kimyasal + Nükleer

- Sistemin toplam enerjisini oluşturan ve yukarıda açıklanan enerji biçimleri, sistem içinde bulunduğu veya depolandığı için enerjinin **statik biçimi** diye nitelenebilir.
- Sistem içinde depolanmayan enerji ise enerjinin **dinamik biçimi** veya **enerji etkileşimi** diye adlandırılabilir.
- Enerjinin dinamik biçimleri sistem sınırlarını geçerken algılanır ve hal değişimi sırasında sistem tarafından kazanılan veya kaybedilen **enerjiyi** gösterir.
- Kapalı sistemle ilişkili enerji etkileşimleri sadece **ısı geçişi** ve **iş** olabilir.

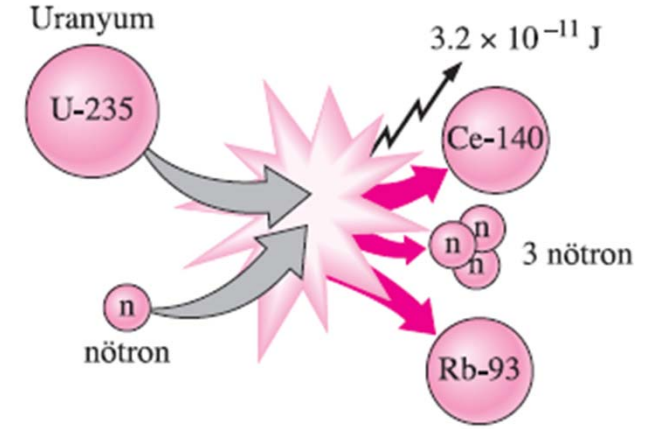


Makroskopik kinetik enerji, enerjinin organize bir biçimidir ve moleküllerin sahip olduğu dağınık biçimdeki mikroskopik kinetik enerjilerden daha faydalıdır.

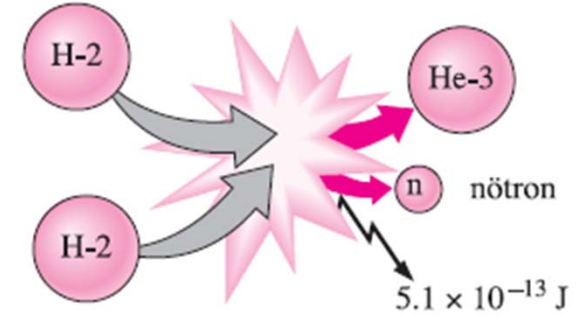
- **İş ve Isı transferi arasındaki fark:** Enerji etkileşimi eğer sıcaklık farkından dolayı oluşuyorsa ısı transferi, yoksa iş'tir.

Nükleer Enerji

- En çok bilinen fisyon reaksiyonu, nükleer güç santrallerinde (2000 yılında,dünya genelinde bulunan 433 santralle 349000 MW elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir) elektrik üretmek, denizaltıları çalıştırmak, hava taşımacılığında, nükleer silah üretiminde ve hatta uzay araçlarında yaygın olarak kullanılan uranyum atomunun (U-235 izotop) diğer elementlere bölünmesidir.
- İki küçük çekirdeğin füzyon ile daha büyük bir tanesi için birleşmesi sırasında nükleer enerji ortaya çıkar.
- KontROLSÜZ füzyon reaksiyonu ilk olarak 1950 yılının başlarında gerçekleştirilmiştir. Ancak o zamandan beri güçlü lazerler, etkili manyetik alanlar ve elektrik akımları ile füzyon reaksiyonlarının kontrol edilmesi başarısızlıkla sonuçlanmıştır.



(a) Uranyum fisyonu



(b) Hidrojen füzyonu

uranyum fisyonu ve hidrojen füzyonu ve
açığa çıkan nükleer enerji.

Örnek 2-1

Orta büyüklükteki bir araç günde yaklaşık olarak 5 L benzin harcar ve aracın yakıt deposu 50 L benzin almaktadır. Bu nedenle araç deposunun her 10 günde benzin ile doldurulması gerekmektedir. Ayrıca benzinin yoğunluğu 0.68 ile 0.78 kg/L arasında değişmekte ve alt ısıtma değeri 44000 kJ/kg (1 kg benzinin tamamen yanması ile açığa çıkan ısı 44000 kJ) civarındadır. Radyasyon ve nükleer atıklarla ilgili tüm problemlerin çözüldüğü varsayılarak aracın U-235 ile çalıştırıldığı düşünölsün. Yeni araca 0.1 kg U-235 nükleer yakıtı konulursa, bu araca tekrar yakıt yüklemesinin gerekli olup olmadığını hesaplayınız

$$m_{\text{benzin}} = (\rho V)_{\text{benzin}} = (0.75 \text{ kg/L}) (5 \text{ L/gün}) = 3.75 \text{ kg/gün}$$

$$\begin{aligned} E &= (m_{\text{benzin}}) (\text{ısıtma değeri}) \\ &= (3.75 \text{ kg/gün}) (44,000 \text{ kJ/kg}) = 165,000 \text{ kJ/gün} \end{aligned}$$



$$(6.73 \times 10^{10} \text{ kJ/kg}) (0.1 \text{ kg}) = 6.73 \times 10^9 \text{ kJ}$$

$$\text{Gün sayısı} = \frac{\text{Yakıtın enerji içeriği}}{\text{Günlük enerji kullanımı}} = \frac{6.73 \times 10^9 \text{ kJ}}{165000 \text{ kJ/gün}} = \mathbf{40790 \text{ gün}}$$

Yaklaşık olarak 112 yıl yapmaktadır. ?

Mekanik Enerji

Mekanik enerji: İdeal türbin gibi mekanik bir cihazla, doğrudan ve tamamen mekanik işe dönüşebilen enerji biçimi olarak tanımlanır.

Kinetik ve potansiyel enerji: Mekanik enerjinin bilinen formlarıdır.

Akış halindeki bir akışkanın mekanik enerjisi birim kütlede

$$e_{\text{mek}} = \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz$$

Akış halindeki bir akışkanın mekanik enerjisi

$$\dot{E}_{\text{mek}} = \dot{m}e_{\text{mek}} = \dot{m}\left(\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz\right)$$

Sıkıştırılamaz (sabit) akışkanlarda mekanik enerji değişimi birim kütlede

$$\Delta e_{\text{mek}} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \quad (\text{kJ/kg})$$

Sıkıştırılamaz (sabit) akışkanlarda mekanik enerji değişimi

$$\Delta \dot{E}_{\text{mek}} = \dot{m}\Delta e_{\text{mek}} = \dot{m}\left(\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)\right) \quad (\text{kW})$$

Örnek 2-2

Esinti hızı sürekli olarak 8.5 m/s olan bir bölge rüzgar çiftliği olarak düşünülmektedir (a) birim kütledeki (b) 10 kg kütle için (c) hava kütle debisi 1154 kg/s olduğunda rüzgar enerjisini hesaplayınız.



(a) Birim kütledeki rüzgar enerjisi

$$e = ke = \frac{V^2}{2} = \frac{(8.5 \text{ m/s})^2}{2} \left(\frac{1 \text{ J/kg}}{1 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = \mathbf{36.1 \text{ J/kg}}$$

(b) 10 kg havanın rüzgar enerjisi

$$E = me = (10 \text{ kg})(36.1 \text{ J/kg}) = \mathbf{361 \text{ J}}$$

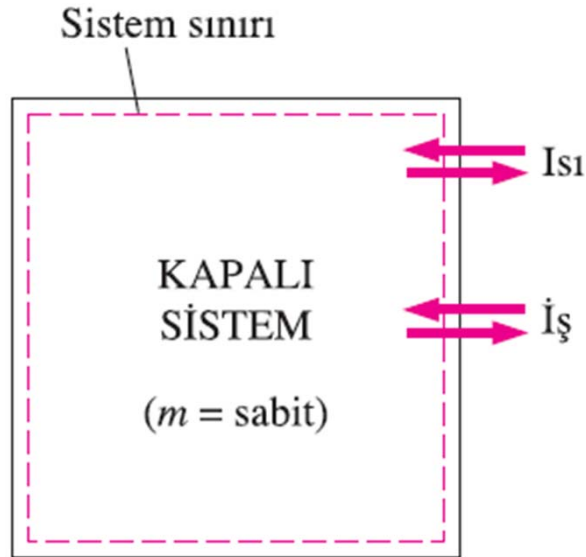
(c) 1154 kg/s kütle debisi için rüzgâr enerjisi

$$\dot{E} = \dot{m}e = (1154 \text{ kg/s})(36.1 \text{ J/kg}) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ J/s}} \right) = \mathbf{41.7 \text{ kW}}$$

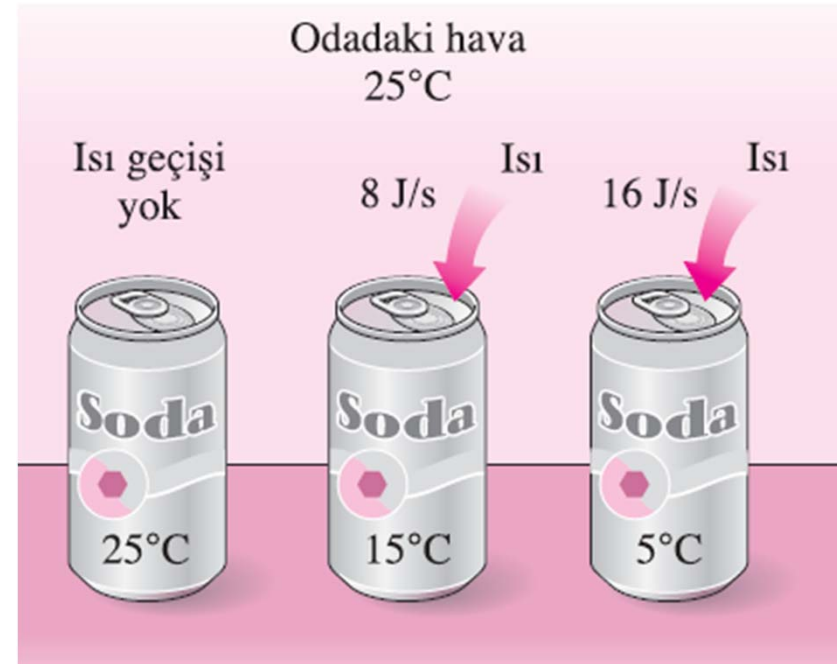
Tartışma Verilen kütle debisinin, hava yoğunluğu 1.2 kg/m³ olarak alındığında 12 m çapındaki bir akış alanına karşılık geldiği görülebilir. Bu nedenle 12 m çapındaki bir türbin ile 41.7 kW güç üretilebilir. Gerçek türbinler bu potansiyelin üçte birini elektrik gücüne dönüştürürler.

ISI İLE ENERJİ GEÇİŞİ

Isı: iki sistem arasında (veya sistemle çevresi arasında) sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen enerji geçişi diye tanımlanmıştır.



Enerji bir sistemin sınırlarından ısı veya iş olarak geçebilir.



Sıcaklık farkı ısı geçişine neden olur. Yüksek sıcaklık farkı yüksek ısı geçişine neden olur.

Birim kütle için ısı transferi

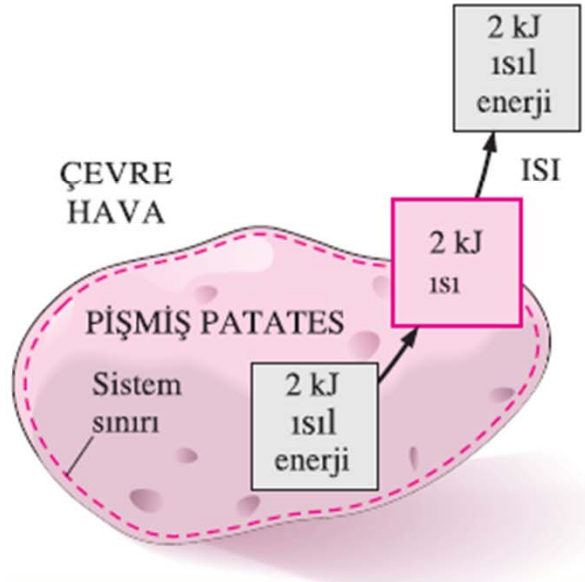
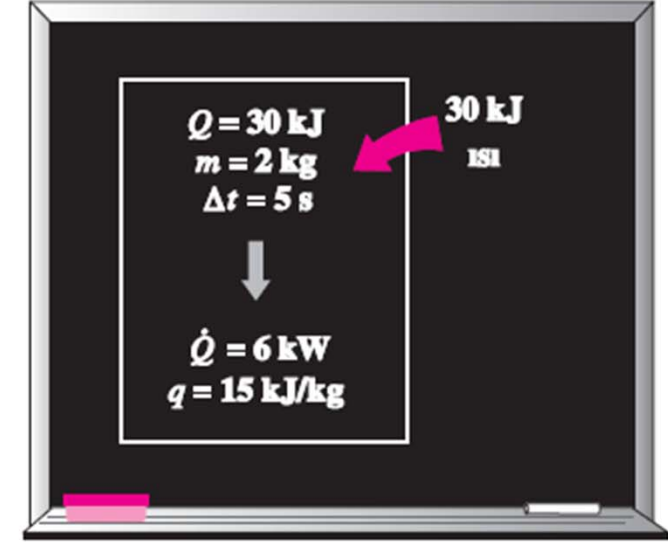
$$q = \frac{Q}{m} \quad (\text{kJ/kg})$$

Birim zamanda geçen ısıнын sabit olması durumunda ısı transfer miktarı

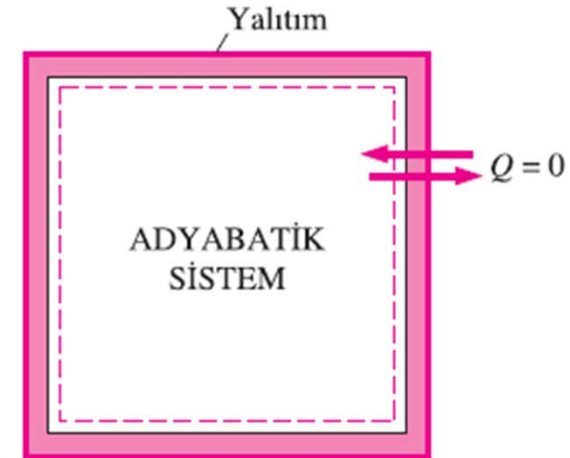
$$Q = \dot{Q} \Delta t \quad (\text{kJ})$$

Zamanla değişen ısı Transfer oranı

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt \quad (\text{kJ})$$



Enerji sadece sistem sınırlarını geçerken ısı olarak tanımlanabilir.



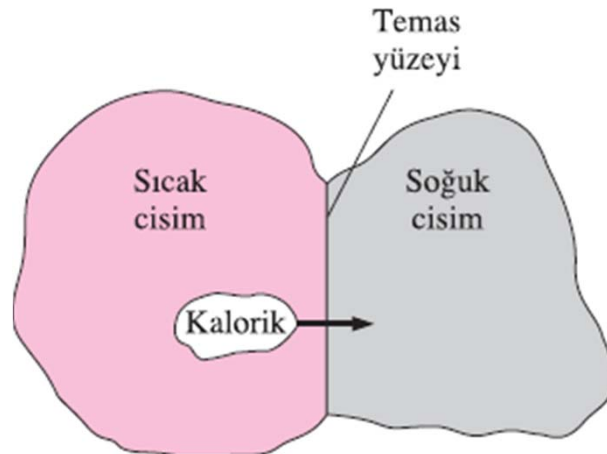
Adyabatik bir hal değişimi sırasında sistemle çevresi arasında ısı geçişi olmaz.

Tarihsel Gelişim

- **Kinetik teori:** Molekülleri, hareket eden ve kinetik enerjisi olan küçük toplar gibi ele alır.
- **Isı:** Atomların ve moleküllerin rastgele hareketleriyle ilişkili enerjinin aktarımı diye tanımlanmıştır.

Isı transfer mekanizmaları:

- **İletim:** bir maddenin, enerjisi daha fazla olan moleküllerinden yakındaki diğer moleküllere, moleküller arasındaki etkileşim sonucunda enerji geçişidir.
- **Taşınım:** katı bir yüzeyle onun temas ettiği akışkan bir ortam arasında gerçekleşen ısı geçişidir.
- **Radiation:** Maddenin atom veya moleküllerinin elektron düzeninde olan değişimler sonucunda yayılan elektromanyetik dalgalar veya fotonlar aracılığıyla gerçekleşen enerji aktarımıdır.



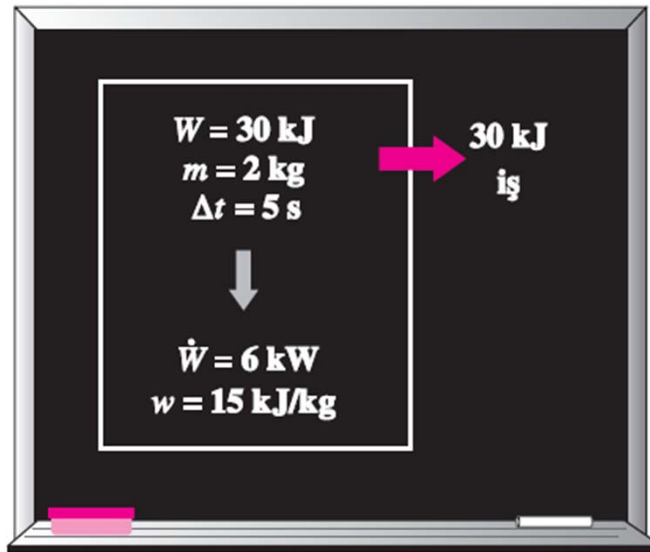
19. yüzyılın başlarında ısı, sıcak cisimlerden soğuk cisimlere akan ve kalorik adı verilen görünmez bir akışkan olarak bilinirdi.

İŞ İLE ENERJİ GEÇİŞİ

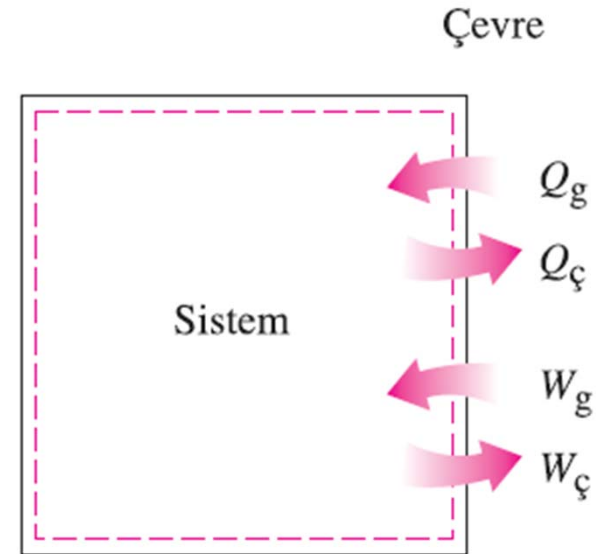
- **İş:** Sistemle çevresi arasında bir enerji alış verişidir.
- Hareket halinde bir piston, dönen bir mil, sistem sınırlarını geçen bir elektrik kablosu, sistemle çevre arasında bir iş etkileşiminin olduğunu gösterir.
- **İşaret kuralı:** Sisteme olan ısı geçişi ve sistem tarafından yapılan iş pozitif, sistemden olan ısı geçişi ve sisteme gereken iş negatiftir.
- Diğer bir yol yönleri göstermek için g ve ç indislerini kullanmaktır

birim kütle için yapılan iş

$$w = \frac{W}{m} \quad (\text{kJ/kg})$$



Güç, birim zamanda yapılan iş



Isı ve iş yönlerinin belirtilmesi.

Isı ve iş

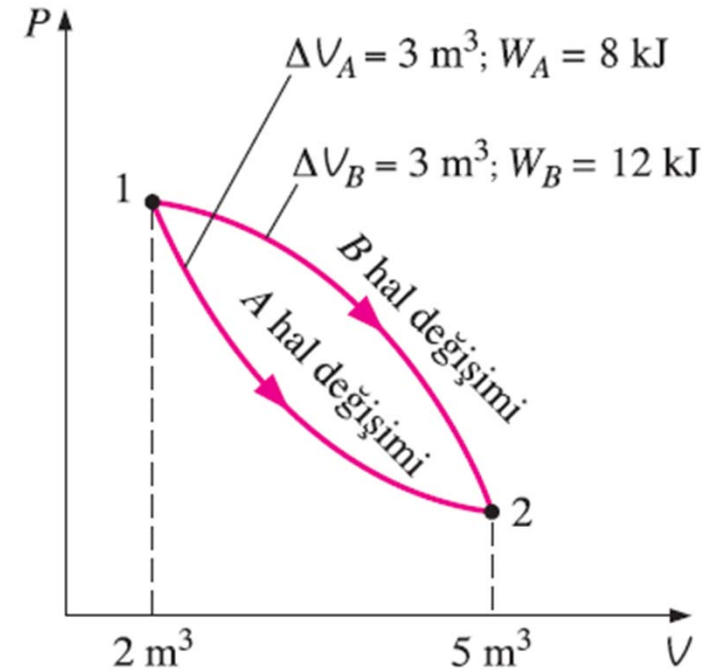
- Her ikisi de sistemin sınırlarını geçerken anlam kazanır. Başka bir deyişle, ısı ve iş sınır olgularıdır.
- Sistemlerin enerjileri vardır, fakat ısı ve işleri yoktur.
- Her ikisi de bir hal ile değil, bir hal değişimi ile ilişkilidir
- Özellikler bir hal için belirlenir, oysa bir haldeki ısı ve işten söz etmenin hiçbir anlamı yoktur.
- Her ikisi de yola bağımlı fonksiyonlardır. (Başka bir deyişle, değerleri sadece ilk ve son hale değil, aynı zamanda hal değişiminin nasıl gerçekleştiğine bağlıdır.

Özellikler, nokta fonksiyonlarıdır ve (d) ile gösterilen tam diferansiyelleri vardır.

dW nin integrali $W_2 - W_1$ (ikinci haldeki iş eksi ilk haldeki iş) olamaz,

$$\int_1^2 dV = V_2 - V_1 = \Delta V$$

$$\int_1^2 \delta W = W_{12} \quad (\Delta W \text{ değil})$$

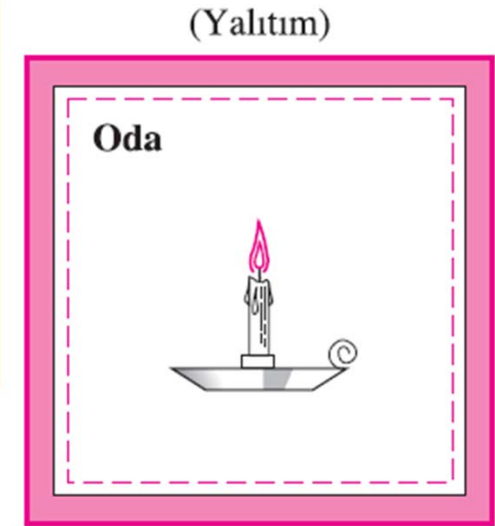


Özellikler nokta fonksiyonlarıdır, fakat ısı ve iş yola bağımlı fonksiyonlardır (büyüklükleri hal değişiminin izlediği yola bağlıdır).

Örnek 2-3

İyice yalıtılmış b r odada bir mum yanmaktadır. Sistem olarak hava ve mumdan oluşan odayı gözönüne alarak,

- (a) yanma sırasında ısı geçişi olup olmadığını,
- (b) sistemin iç enerjisinde bir değişiklik olup olmadığını belirleyin.



(a) şekilde kesik çizgilerle gösterildiği gibi odanın i yüzeyleri sistem sınırını oluşturmaktadır.  sı geçişi, sistem sınırları gözönüne alınarak tanımlanır. Burada oda iyice yalıtılmıştır, başka bir deyişle adyabatik bir sistem söz konusudur.

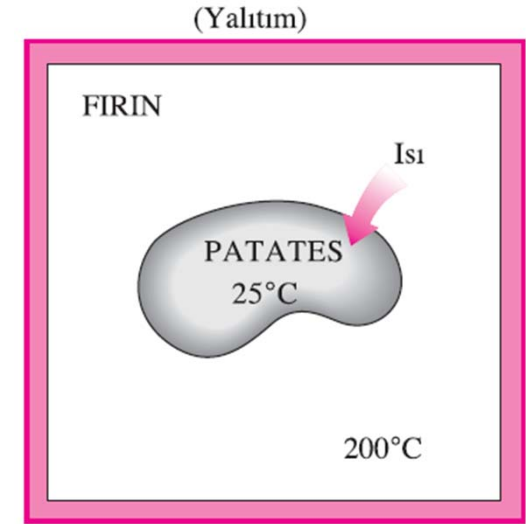
Bu nedenle sistem sınırlarından ısı geçişi yoktur ve hal değişimi için $Q=0$ 'dır.

(b) iç enerjinin duyulur, gizli, kimyasal ve nükleer enerji gibi değişik biçimlerde olabileceği birinci bölümde açıklanmıştı. Burada belirtilen hal değişiminde kimyasal enerjinin bir bölümü duyulur ısıya dönüşmektedir. Başka bir deyişle, iç enerjinin bir bölümü bir biçimden bir başka biçime dönüşmektedir.

Sistemin toplam i enerjisinde bir artış veya azalma olmadığı için bu hal değişimi sırasında $\Delta U = 0$ olur.

Örnek 2-4

Başlangıçta sıcaklığı 25 °C olan bir patates, 200 °C sıcaklıkta bir fırında pişirilmektedir. Pişirme işlemi sırasında ısı geçişi olur mu?



Bu problem açık bir şekilde sorulmamıştır, çünkü sistem belirsizdir.

Patatesin sistem olarak seçildiği düşünölsün.

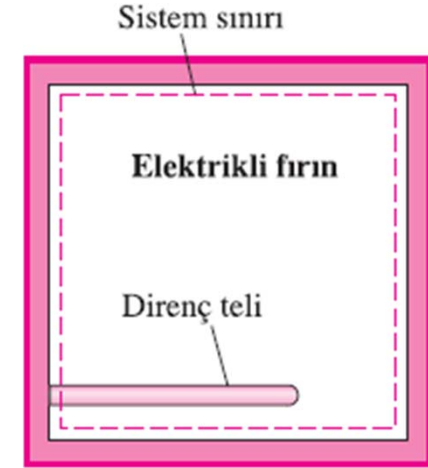
Bu durumda patatesin kabuğu sistem sınırı olacaktır.

Fırın içindeki enerjinin bir bölümü kabuktan patatese geçecektir.

Enerji geçişi sıcaklık farkından kaynaklandığı için, ısı geçişi söz konusudur.

Örnek 2-5

İyi yalıtılmış bir elektrik fırını direnç teliyle ısıtılmaktadır. Direnç teli de içinde olmak üzere fırının tamamı sistem olarak seçilirse, burada isi veya iş etkileşiminden hangisi söz konusu olur?



Bu problemde fırının iç yüzeyleri, görüldüğü gibi sistem sınırını oluşturmaktadır.

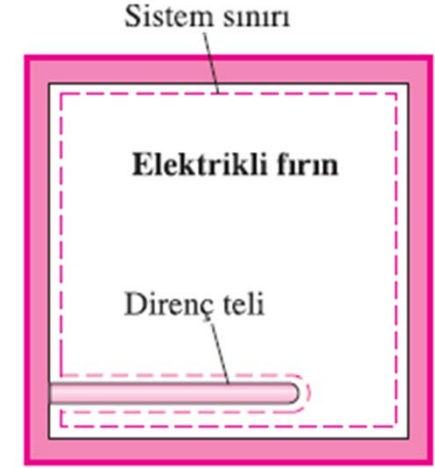
Fırının enerjisinin ısıtma işlemi sırasında arttığı sıcaklık artışından açıkça görülmektedir.

Fakat fırının enerjisindeki bu artış fırınla çevre hava arasındaki bir sıcaklık farkından kaynaklanmamaktadır. Bu artış eksi yük taşıyan *elektron* adlı parçacıkların sistem sınırını geçmesinden ve böylece iş yapmasından ileri gelmektedir.

Bu nedenle söz konusu olan, iş etkileşimidir.

Örnek 2-6

Şekildeki soruyu sistem olarak sadece fırının içindeki havayı alarak cevaplayın.



Bu kez direnç teli, şekilde görüldüğü gibi sistem sınırının dışında kalmaktadır.

Bu nedenle sistem sınırını elektronların geçmesi söz konusu değildir.

Burada direnç telinin içinde dönüştürülen enerji, direnç teliyle çevresindeki hava arasındaki sıcaklık farkından dolayı havaya geçecektir.

Bu nedenle ısı geçişi söz konusudur.

Her iki durumda da havaya geçen enerji aynıdır.

Bu iki örnek, enerji etkileşiminin seçilen sistem sınırına bağlı olarak, ısı veya iş olabileceğini göstermektedir.

Elektrik işi

Elektrik işi

$$W_e = \mathbf{V}N$$

Elektrik gücü

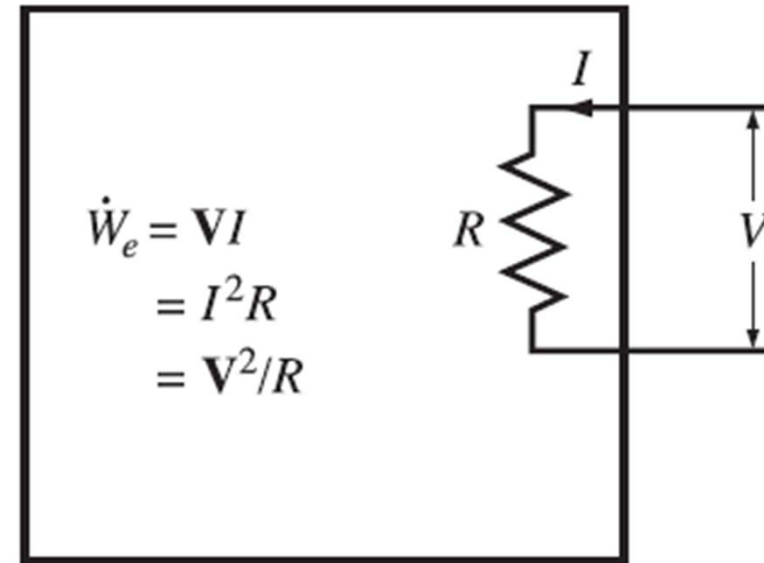
$$\dot{W}_e = \mathbf{V}I \quad (\text{W})$$

Bu bakımdan t zaman aralığında yapılan elektrik işi

$$W_e = \int_1^2 \mathbf{V}I dt \quad (\text{kJ})$$

V ve I sabit kalıyorsa, bu bağıntı

$$W_e = \mathbf{V}I \Delta t \quad (\text{kJ})$$



Elektrik gücünün, direnç R, akım I ve potansiyel farkı V ile gösterilmesi.

İŞİN MEKANİK BİÇİMLERİ

Sistemle çevresi arasında bir iş etkileşiminin olabilmesi için iki koşulun sağlanması gerekir:

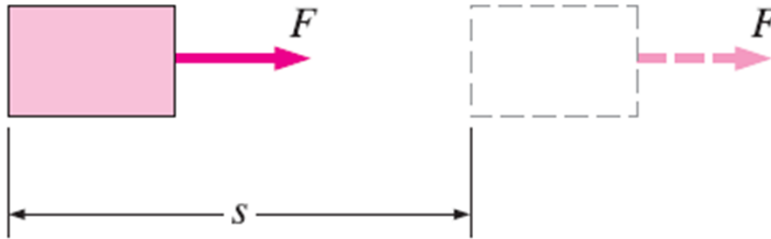
- Sınırdaki etkiyen bir **kuvvet** olmalıdır
- **Sınır** hareket etmelidir.

İş = Kuvvet × Yol

$$W = F s \quad (\text{kJ})$$

Eğer kuvvet sabit değilse

$$W = \int_1^2 F \, ds \quad (\text{kJ})$$



Yapılan iş, uygulanan kuvvete (F) ve kuvvetin etkilediği uzunluğa (s) bağlıdır.



Hareket olmazsa iş yapılmaz.

Mil İşi

Moment kolu r' ye uygulanan F kuvveti, T burulma momentini oluşturur

$$T = Fr \rightarrow F = \frac{T}{r}$$

Bu kuvvet s uzunluğu boyunca uygulanmaktadır

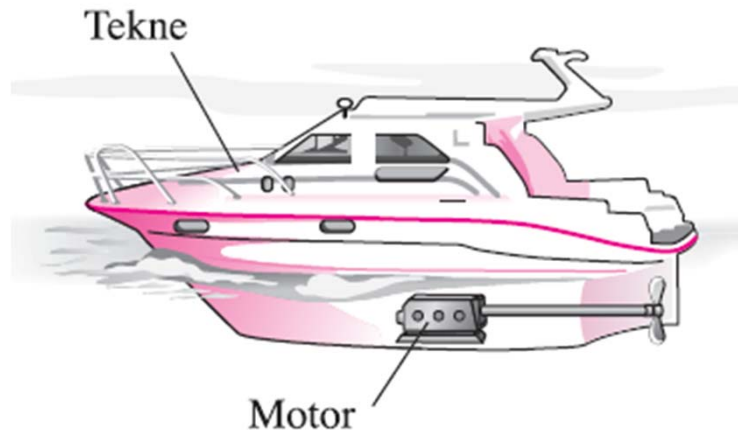
$$s = (2\pi r)n$$

Mil İşi

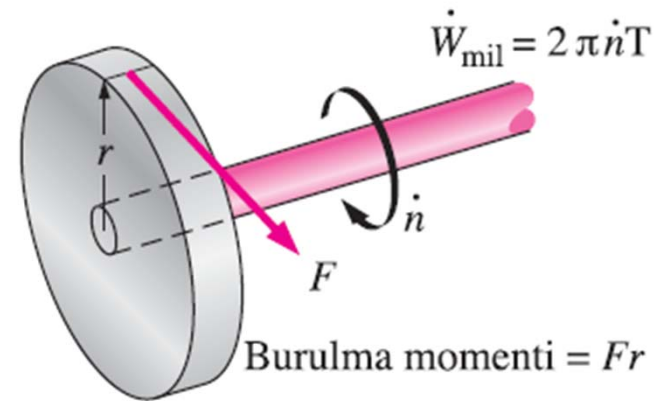
$$W_{\text{mil}} = Fs = \left(\frac{T}{r}\right)(2\pi rn) = 2\pi nT \quad (\text{kJ})$$

Mille iletilen güç, birim zamanda yapılan mil işidir

$$\dot{W}_{\text{mil}} = 2\pi \dot{n}T \quad (\text{kW})$$



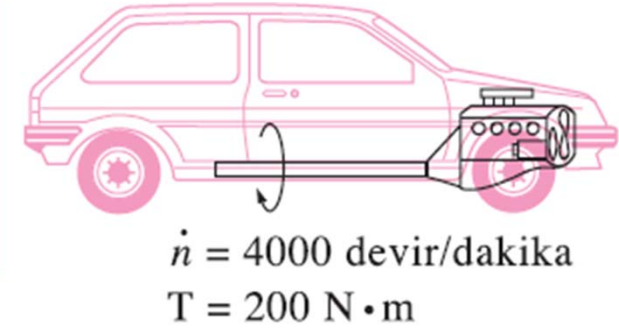
Döner melle enerji aktarımına uygulamalarda sıkça rastlanır.



Mil işi, uygulanan burulma momenti ve milin devir sayısı ile orantılıdır.

Örnek 2-7

Bir arabanın krank miline uygulanan burulma momenti 200 Nm ise ve mil dakikada 4000 devir hızla dönüyorsa, krank milinin ilettiği gücü hesaplayın.



Milin ilettiği güç:

$$\begin{aligned}\dot{W}_{\text{mil}} &= 2\pi\dot{n}T = (2\pi)\left(4000 \frac{1}{\text{dak.}}\right)(200 \text{ N} \cdot \text{m})\left(\frac{1 \text{ dak.}}{60 \text{ s}}\right)\left(\frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ N} \cdot \text{m}}\right) \\ &= \mathbf{83.8 \text{ kW}} \quad \text{veya } 112 \text{ hp}\end{aligned}$$

Arabanın krank milinden iletilen gücün büyüklüğü yukarıda hesaplanmıştır.

Mil işinin işareti ise seçilen sisteme bağlı olacaktır.

Mil tarafından aktarılan güç, burulma momenti ve dönme hızına bağlıdır.

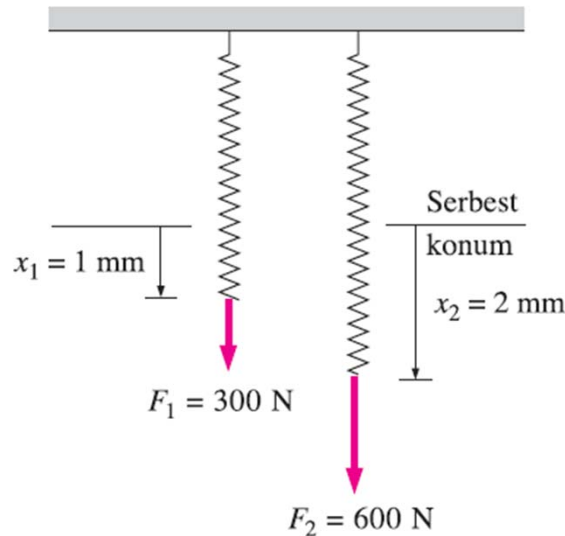
Yay İşi

Bir yaya kuvvet uygulandığı zaman uzunluğunun değiştiği bilinen bir olgudur. Bir F kuvveti uygulandığı zaman yay dx diferansiyel büyüklüğü kadar uzarsa, yapılan iş

$$\delta W_{\text{yay}} = F dx$$

Doğrusal olarak esneyen yaylar için, yer değişimi x , uygulanan kuvvet F ile doğru orantılıdır

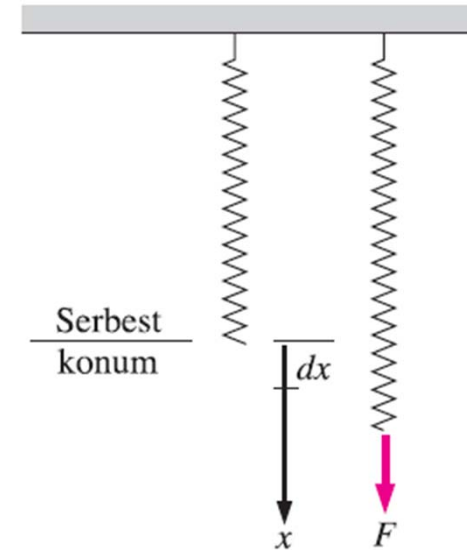
$$F = kx \quad (\text{kN}) \quad k: \text{yay katayısı (kN/m)}$$



Doğrusal bir yayın uzaması, kuvvet iki kat arttırılırsa, iki kat olur.

$$W_{\text{yay}} = \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2) \quad (\text{kJ})$$

x_1 and x_2 : yayın başlangıç ve sondaki yer değiştirmeleridir.



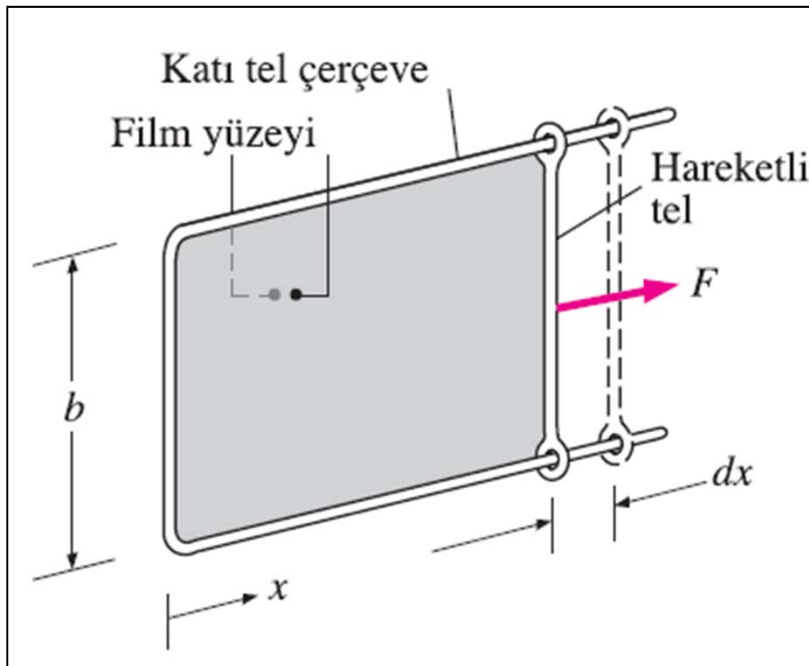
Yayın, bir kuvvet etkisi altında uzaması.

Esnek Katı Çubuklar Üzerinde Yapılan İş

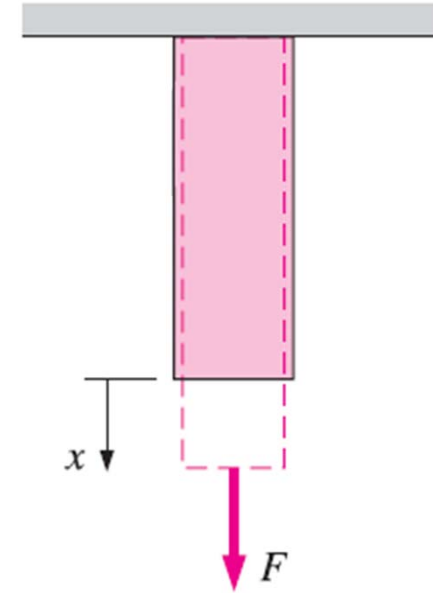
$$W_{\text{esnek}} = \int_1^2 F dx = \int_1^2 \sigma_n A dx \quad (\text{kJ})$$

Sıvı Tabakalarının Gerilmesi ile İlgili İş

$$W_{\text{yüzey}} = \int_1^2 \sigma_s dA \quad (\text{kJ})$$



Sıvı filminin hareketli bir telle gerilmesi.



Katı çubuklarda bir kuvvetin etkisi altında yay gibi davranırlar.

Bir Cismi Yükseltmek ve Hızlandırmak için Yapılan İş

1. Bir cisim yerçekimi alanında yükseltildiği zaman, potansiyel enerjisi artmaktadır.
2. Bir cisim hızlandırıldığı zaman kinetik enerjisi artmaktadır.

Mekanik Olmayan İş

Elektrik İş: Genelleştirilmiş kuvvet *voltaj* (elektrik potansiyeli), genelleştirilmiş yer değişiminin *elektrik yükü* olarak alınır.

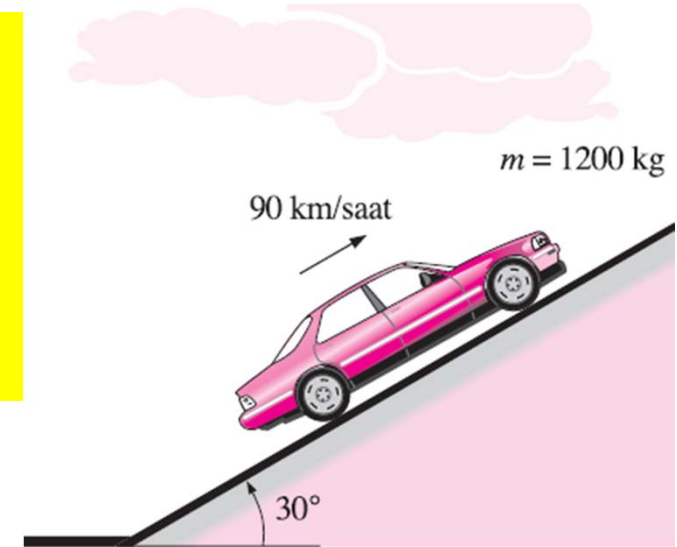
Manyetik İş: Genelleştirilmiş kuvvet olarak *manyetik alan gücünün*, genelleştirilmiş yerdeğişimi olarak *manyetik iki kutuplu momentin* alındığı.

Elektrik Polarizasyon İş: Genelleştirilmiş kuvvet olarak *elektrik alan gücünün*, genelleştirilmiş yerdeğişimi olarak ortam *polarizasyonunun* (moleküllerin iki kutuplu elektrik dönme momentlerinin toplamı) alındığı.



Örnek 2-8

1200 kg kütlesindeki bir otomobil düz yolda 90 km/saat ortalama hızla hareket etmektedir. Daha sonra yatay düzlemle 30° eğimli bir rampaya çıkmaya başlamıştır. Rampa boyunca otomobilin hızı sabit kalıyor ise, motor tarafından verilmesi gereken ilave gücü hesaplayınız.

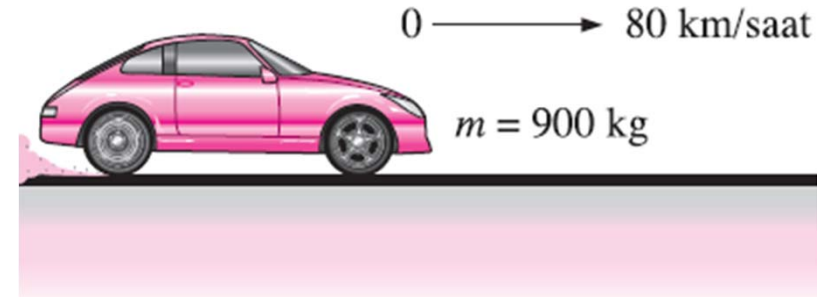


$$\begin{aligned}\dot{W}_g &= mg \Delta z / \Delta t = mg V_{\text{dikey}} \\ &= (1200 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(90 \text{ km/h})(\sin 30^\circ) \left(\frac{1 \text{ m/s}}{3.6 \text{ km/h}} \right) \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) \\ &= 147 \text{ kJ/s} = \mathbf{147 \text{ kW}} \quad (\text{veya } 197 \text{ hp})\end{aligned}$$

Tartışma Otomobilin hızını rampa çıkarken sabit tutabilmek için, araç motoru tarafından yaklaşık olarak 200 hp ilave ek güç üretilmektedir.

Örnek 2-9

900 kg kütlesindeki bir otomobili, düz yolda 20 saniyede durma anından 80 km/saat hıza çıkarmak için gerekli gücü hesaplayınız.



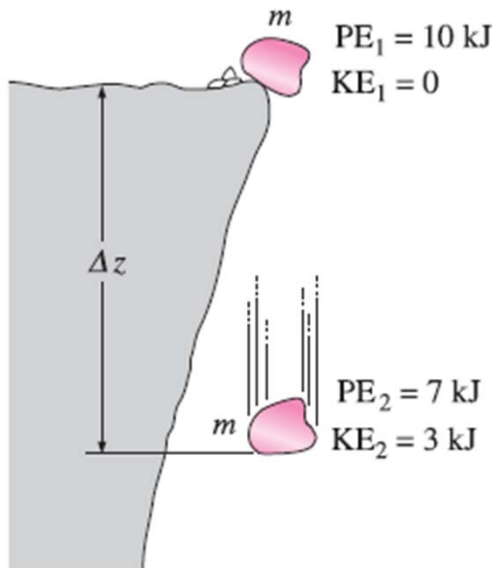
$$W_i = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2}(900 \text{ kg}) \left[\left(\frac{80,000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \right)^2 - 0^2 \right] \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right)$$
$$= 222 \text{ kJ}$$

$$\dot{W}_i = \frac{W_i}{\Delta t} = \frac{222 \text{ kJ}}{20 \text{ s}} = \mathbf{11.1 \text{ kW}} \quad (\text{veya } 14.9 \text{ hp})$$

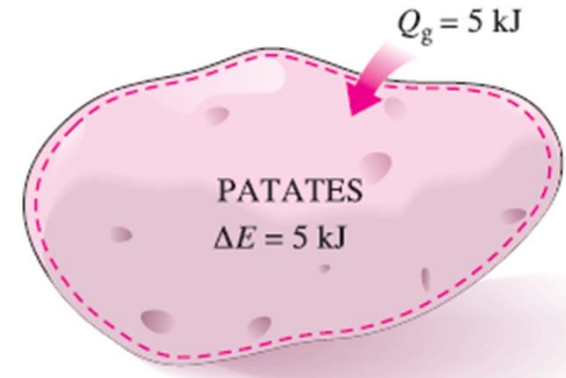
Tartışma Bulunan sonuç sürtünmeyi, yoldaki pürüz direncini ve diğer etkileri yenebilmek için gerekli güçtür.

TERMODİNAMİĞİN BİRİNCİ YASASI

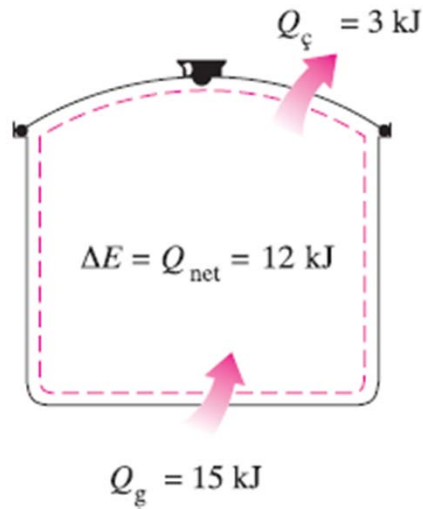
- **Termodinamiğin birinci yasası (enerjinin korunumu ilkesi):** Enerjinin değişik biçimleri arasındaki ilişkileri ve genel olarak enerji etkileşimlerini incelemek için sağlam bir temel oluşturur.
- Termodinamiğin birinci yasası deneysel gözlemlere dayanarak, **enerjinin var veya yok edilemeyeceğini, ancak bir biçimden diğerine dönüşebileceğini vurgular .**
- **Birinci Yasa:** Kapalı bir sistemin belirli iki hali arasında gerçekleşebilecek tüm adyabatik hal değişimleri sırasında yapılan net iş, sisteme veya hal değişimlerine bağlı olmaksızın aynıdır.



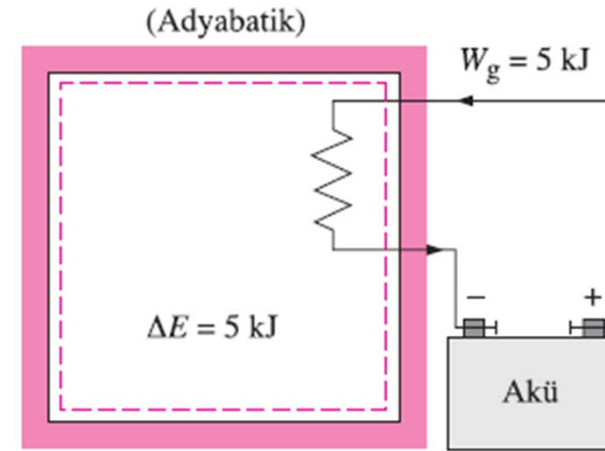
Enerji var veya yok edilemez, sadece biçim değiştirebilir



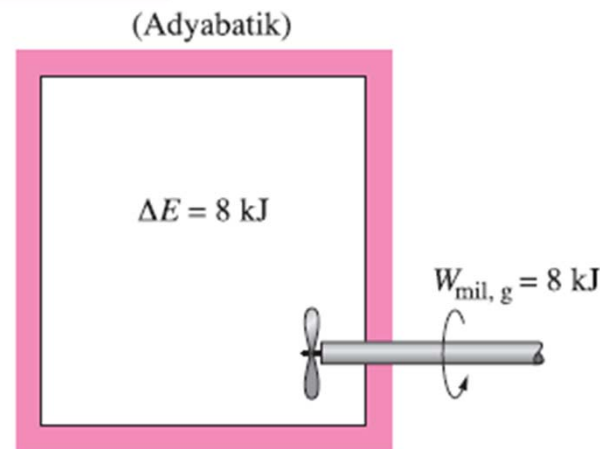
Fırındaki patatesin enerjisindeki artış, patatese geçen ısıya eşittir.



İş etkileşiminin olmaması durumunda sistemin enerji değişimi net ısı geçişine eşittir.



Adyabatik bir sistem üzerinde yapılan iş (elektrik) sistemin enerji artışına eşittir.



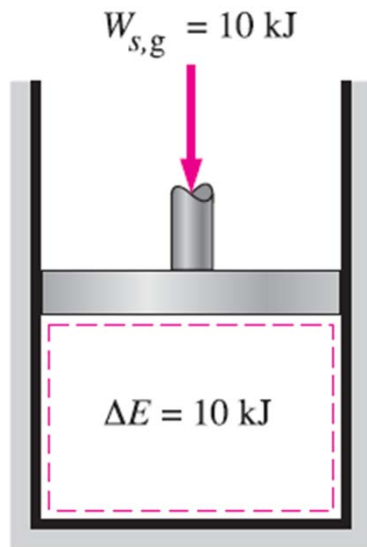
Adyabatik bir sistem üzerinde yapılan iş (mil) sistemin enerji artışına eşittir.

Enerjinin Korunumu

- Enerjin korunumu ilkesi bir hal değişimi sırasında kapalı bir sistemin toplam enerjisindeki net değişim (artma veya azalma) sisteme giren toplam enerji ile sistemden çıkan toplam enerjinin farkına eşit.*

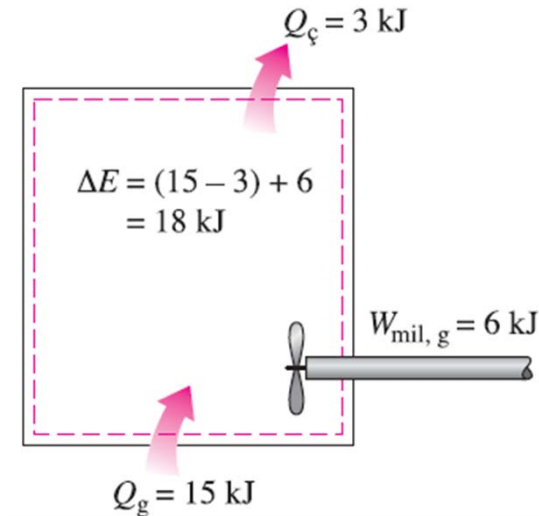
$$\left(\begin{array}{c} \text{Sisteme giren} \\ \text{toplam enerji} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Sistemden çıkan} \\ \text{toplam enerji} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Sistemin toplam} \\ \text{enerjisindeki değişim} \end{array} \right)$$

$$E_g - E_ = \Delta E_{\text{sistem}}$$



(Adyabatik)

Adyabatik bir sistem üzerinde yapılan iş (sınır) sistemin enerji artışına eşittir.



Bir hal değişimi sırasında sistemin enerji değişimi, net iş ve çevreyle ısı alışverişinin toplamına eşittir.

Bir Sistemdeki Enerji Değişimi , ΔE_{sistem}

Enerji değişimi = Son haldeki enerji – İlk haldeki enerji

$$\Delta E_{\text{sistem}} = E_s - E_i = E_2 - E_1$$

$$\Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$$

İç, kinetik ve potansiyel enerji değişimi

$$\Delta U = m(u_2 - u_1)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Delta PE = mg(z_2 - z_1)$$

Hareketsiz sistemler

$$z_1 = z_2 \rightarrow \Delta PE = 0$$

$$V_1 = V_2 \rightarrow \Delta KE = 0$$

$$\Delta E = \Delta U$$

Enerji Geçişinin Gerçekleşme Yolları, E_{giren} ve $E_{çıkan}$

Isı geçişi

İş geçişi

Kütle transferi

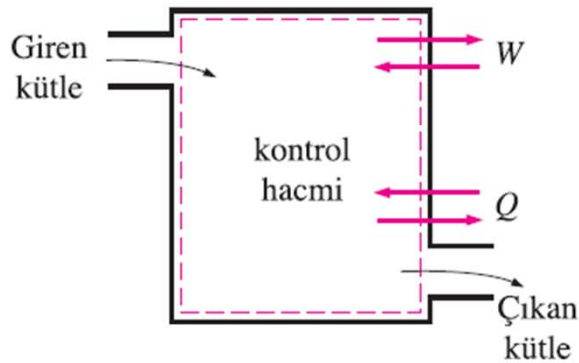
$$E_g - E_ç = (Q_g - Q_ç) + (W_g - W_ç) + (E_{küt, g} - E_{küt, ç}) = \Delta E_{sistem}$$

$$\underbrace{E_g - E_ç}_{\text{Isı, iş ve kütle ile gerçekleşen enerji geçişi}} = \underbrace{\Delta E_{sistem}}_{\text{İç, kinetik, potansiyel vb. enerjilerdeki değişim}} \quad (\text{kJ})$$

$$Q = \dot{Q} \Delta t, \quad W = \dot{W} \Delta t,$$

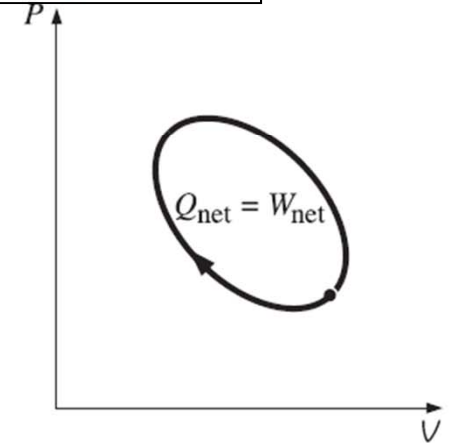
$$\Delta E = (dE/dt) \Delta t$$

$$\underbrace{\dot{E}_g - \dot{E}_ç}_{\text{Birim zamanda, ısı, iş ve kütle ile gerçekleşen enerji geçişi}} = \underbrace{dE_{sistem}/dt}_{\text{Birim zamanda sistemin iç, kinetik, potansiyel vb. enerjilerindeki değişim}} \quad (\text{kW})$$



$$e_g - e_ç = \Delta e_{sistem} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$\delta E_g - \delta E_ç = dE_{sistem}$$



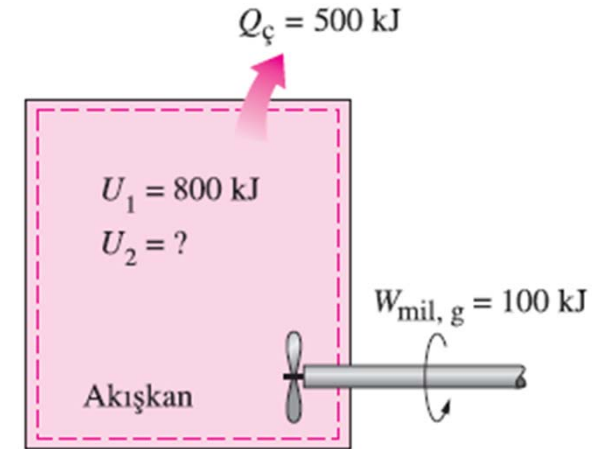
Kütle akışı ile birlikte ısı ve iş etkileşimleri sonucu kontrol hacminin enerji içeriğinde değişim olur.

Sabit kütle veya kapalı sistemlerde sadece ısı geçişi ve iş vardır

Çevrim için $\Delta E = 0$, yani $Q = W$.

Örnek 2-10

Sabit hacimli kapalı bir kaptaki sıcak bir sıvı soğutulurken, bir taraftan da karıştırılmaktadır. Başlangıçta sıvının toplam iç enerjisi 800 kJ'dür. Soğutma işlemi sırasında çevreye 500 kJ ısı geçişi olmaktadır, sıvıyı karıştırmak içinse 100 kJ iş yapılmaktadır. Sıvının son haldeki toplam iç enerjisini hesaplayın..



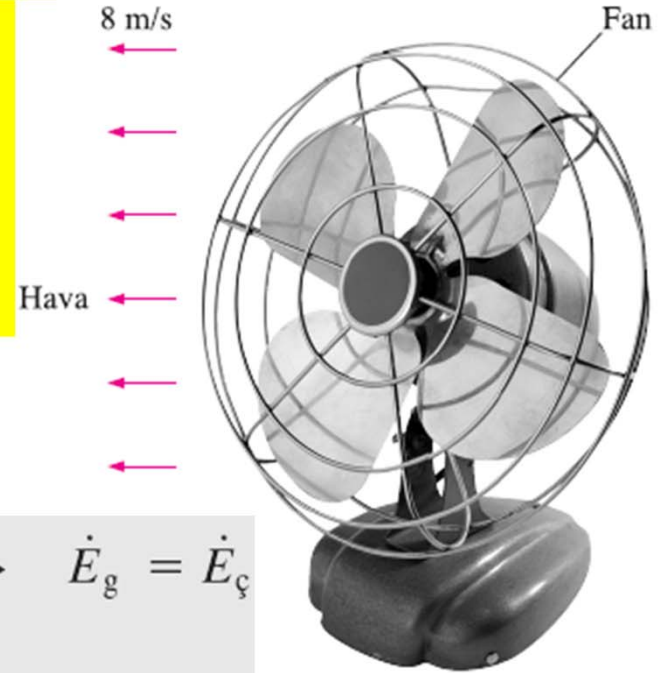
Sistem olarak kabın içindeki sıvı seçilsin. Sistem sınırları sınırlarında kütle geçişi olmadığı için, kapalı sistem veya kontrol kütesidir. Sistem ayrıca hareketsizdir, bu nedenle potansiyel ve kinetik enerji değişimleri sıfırdır. Enerjinin korunum ilkesi uygulanırsa,

$$\underbrace{E_g - E_{\text{ç}}}_{\text{Isı, iş ve kütle ile gerçekleşen enerji geçişi}} = \underbrace{\Delta E_{\text{sistem}}}_{\text{Sistemin; iç, kinetik, potansiyel vb. enerjilerindeki değişim}}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{mil, g}} - Q_{\text{ç}} &= \Delta U = U_2 - U_1 \\ 100 \text{ kJ} - 500 \text{ kJ} &= U_2 - 800 \text{ kJ} \\ U_2 &= \mathbf{400 \text{ kJ}} \end{aligned}$$

Örnek 2-11

20 W güç harcayan bir fan kullanılarak bir havalandırma odasından 1 kg/s kütle debisi ve 8 m/s boşaltma hızı ile hava tahliyesi istenmektedir. Bu isteğin uygun olup olmadığını belirleyiniz.



$$\underbrace{\dot{E}_g - \dot{E}_\phi}_{\text{Birim zamanda ısı, iş ve kütle ile gerçekleşen enerji geçişi}} = \underbrace{\frac{dE_{\text{sistem}}}{dt}}_{\text{Birim zamanda, sistemin iç, kinetik, potansiyel vb. enerjilerindeki değişim}} \stackrel{0 \text{ (sürekli)}}{=} 0 \rightarrow \dot{E}_g = \dot{E}_\phi$$

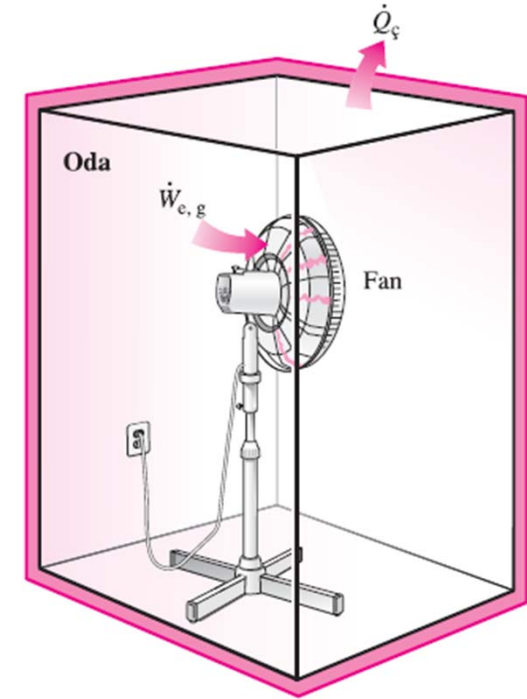
$$\dot{W}_{e,g} = \dot{m}_{\text{hava}} k_{e_\phi} = \dot{m}_{\text{hava}} \frac{V_\phi^2}{2}$$

$$V_\phi = \sqrt{\frac{2\dot{W}_{e,g}}{\dot{m}_{\text{hava}}}} = \sqrt{\frac{2(20 \text{ J/s})}{1.0 \text{ kg/s}} \left(\frac{1 \text{ m}^2/\text{s}^2}{1 \text{ J/kg}} \right)} = 6.3 \text{ m/s}$$

Bu değer 8 m/s den küçük olduğu için düşünülen istek yanlıştır.

Örnek 2-12

Bir oda baflangıçta 20 °C dış ortam sıcaklığındadır. 200 W elektrik gücü harcayan bir fan odada çalıştırılmaktadır. Oda ile dış ortam arasındaki ısı geçişi $Q=UA(T_i-T_d)$ olarak verilmiştir. Burada $U = 6 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ toplam ısı geçişi katsayısını, $A=30 \text{ m}^2$ odanın yüzey alanını ve T_i ile T_d sırası ile iç ve dış sıcaklıkları göstermektedir. Sürekli çalışma şartları olduğunda oda içindeki havanın sıcaklığını hesaplayınız.



$$\underbrace{\dot{E}_g - \dot{E}_c}_{\text{Birim zamanda; ısı, iş ve kütle ile gerçekleşen enerji geçişi}} = \underbrace{\frac{dE_{\text{sistem}}}{dt}}_{\text{Birim zamanda sistemin iç, kinetik, potansiyel vb. enerjilerindeki değişim}} \xrightarrow{0 \text{ (sürekli)}} = 0$$

$$\rightarrow \dot{E}_g = \dot{E}_c$$

$$\dot{W}_{e, g} = \dot{Q}_c = UA(T_i - T_d)$$

$$200 \text{ W} = (6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C})(30 \text{ m}^2)(T_i - 25^\circ\text{C})$$

$$T_i = 26.1^\circ\text{C}$$

Örnek 2-13

Bir sınıfın aydınlatma ihtiyacı her biri 80 W olan 30 floresan lamba ile karşılanmaktadır. Sınıftaki ışıklar yılda 250 gün ve günde 12 saat açık tutulmaktadır. Elektriğin kW-saati 7 sent ise, sınıfın yıllık aydınlatma maliyetini hesaplayınız. Ayrıca, aydınlatmanın ısıtma ve havalandırma ihtiyaçlarına olan etkisini inceleyiniz.



$$\begin{aligned}\text{Aydınlatma gücü} &= (\text{Her bir lambanın harcadığı güç}) \times (\text{Lamba sayısı}) \\ &= (80 \text{ W/lamba})(30 \text{ lamba}) \\ &= 2400 \text{ W} = 2.4 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\text{Çalışma saati} = (12 \text{ saat/gün})(250 \text{ gün/yıl}) = 3000 \text{ saat/yıl}$$

Bir yıldaki ışıklandırma maliyeti

$$\begin{aligned}\text{Aydınlatma enerjisi} &= (\text{Aydınlatma gücü})(\text{Çalışma saati}) \\ &= (2.4 \text{ kW})(3000 \text{ saat/yıl}) = 7200 \text{ kWsaat/yıl}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Aydınlatma maliyeti} &= (\text{Aydınlatma enerjisi})(\text{Birim fiyat}) \\ &= (7200 \text{ kWsaat/yıl})(0.07 \text{ \$/kWsaat}) = \mathbf{504 \text{ \$/yıl}}\end{aligned}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜM VERİMLERİ

Verim termodinamikte en çok kullanılan ifadelerden bir tanesi olup, enerji dönüşümünün veya hal değişim geçişinin nasıl iyi bir şekilde başarılacağını gösterir.

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Elde edilmek istenen değer}}{\text{Harcaması gereken değer}}$$



Verim tanımı termodinamik ile sınırlı değildir

Su ısıtıcısının verimi:

Geleneksel ve yüksek verimli bazı elektrikli ve doğal gazlı su ısıtıcılarının verimleri

Tür	Verim
Gaz, geleneksel	55%
Gaz, yüksek verimli	62%
Elektrik, geleneksel	90%
Elektrik, yüksek verimli	94%

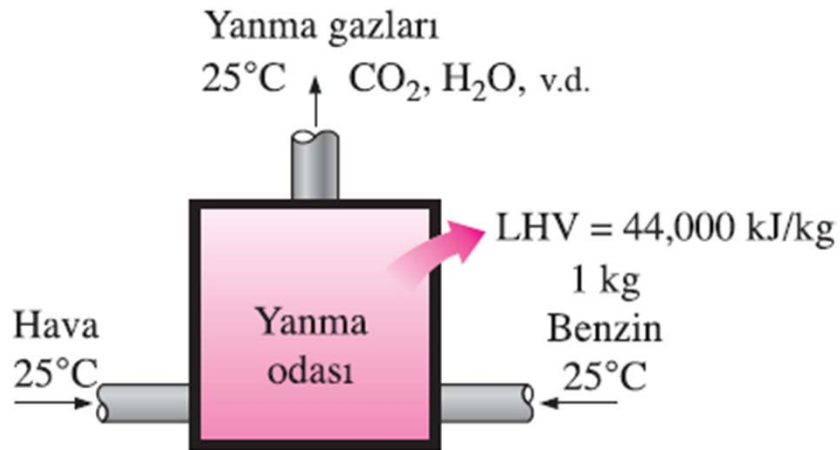


$$\eta_{\text{yanma}} = \frac{Q}{HV} = \frac{\text{Yanma boyunca açığa çıkan ısı miktarı}}{\text{Yanan yakıtın ısıtma değeri}}$$

Yakıt ısıtma değeri: oda sıcaklığında belirtilen yakıt miktarının (genellikle birim kütle) tamamen yanması ile verilen ısı ve yanma ürünlerinin oda sıcaklığında soğutulmasıdır.

Düşük ısıtma değeri(LHV): Su buhar fazında ise.

Yüksek ısıtma değeri (HHV): Yanma gazlarındaki su tamamı ile yoğuştuğu zaman ısıtma değeri.



Benzinin ısıtma değerinin tanımı.

Ticari binalar ve meskenlerdeki ısıtma sistemlerinin verimi yıllık yakıt kullanım verimi veya **AFUE** olarak ifade edilir ve ısıtılmayan alanlara olan ısı kaybı ve yakma ve soğuma kayıpları ile beraber yanma verimini tarif eder.

(annual fuel utilization efficiency)

- **Jeneratör:** Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.
- **Jeneratör verimi:** Elde edilen elektrik gücünün verilen mekanik güce oranıdır.
- **Güç santralleri için toplam verim:** Elde edilen net elektrik gücünün verilen yakıt enerjisine oranıdır.

Güç santrallerinde toplam verim

$$\eta_{\text{toplam}} = \eta_{\text{yanma}} \cdot \eta_{\text{ısı}} \cdot \eta_{\text{jeneratör}} = \frac{\dot{W}_{\text{net, e}}}{\text{HHV} \times \dot{m}_{\text{net}}}$$

Çeşitli aydınlatma sistemlerinin etkinliği

Aydınlatma tipi	Etkinlik, lümen/W
<i>Yanma</i>	
Mum	0.2
<i>Akkor</i>	
Basit	6–20
Halojen	16–25
<i>Floresan</i>	
Basit	40–60
Yüksek çıkışlı	70–90
Kompakt	50–80
<i>Yüksek şiddetli deşarjlı</i>	
Civa buharı	50–60
Metal halide	56–125
Yüksek basınçlı sodyum	100–150
Düşük basınçlı sodyum	200'ün üzeri

Işıklandırma etkinliği: Lümen olarak elde edilen ışık miktarının harcanan elektriğe (W olarak) oranıdır.



15 W gücündeki kompakt floresan lamba 60 W gücündeki akkor lamba kadar ışık verir

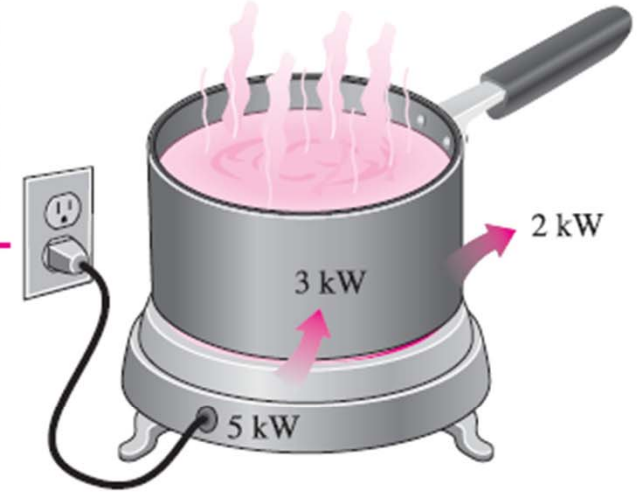
Farklı cihazlarla güveç pişirilmesinin enerji maliyeti*

[A. Wilson and J. Morril, *Consumer Guide to Home Energy Savings*, Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy, 1996, p. 192.' den alınmıştır.]

Piştirme cihazı	Piştirme sıcaklığı	Piştirme zamanı	Kullanılan enerji	Enerji maliyeti
Elektrikli fırın	350°F (177°C)	1 saat	2.0 kWh	0.16\$
Konveksiyon fırın (elek.)	325°F (163°C)	45 dakika	1.39 kWh	0.11\$
Gazlı fırın	350°F (177°C)	1 saat	0.112 therm	0.07\$
Tava	420°F (216°C)	1 saat	0.9 kWh	0.07\$
Mini fırın	425°F (218°C)	50 dakika	0.95 kWh	0.08\$
Elektrikli ocak	200°F (93°C)	7 saat	0.7 kWh	0.06\$
Mikrodalga fırın	"Yüksek"	15 dakika	0.36 kWh	0.03\$

*Elektriğin kWhsaat fiyatı 0.08 \$ ve doğal gazın term fiyatı 0.06 \$ olarak kabul edilmiştir.

- Verimli enerji cihazları kullanarak enerji korunur.
- Yakıtların yanması sonucu açığa çıkan ve atmosfere bırakılan kimyasallar azalacağı için çevre için faydalı olacaktır.
- Yakıtın yanması
 - **Karbondioksit** (küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır)
 - **Azot oksit** ve **hidrokarbon**(hava kirliliğine neden olmaktadır)
 - **Karbon monoksit** (zehirli madde)
 - **Kükürt dioksit** (asit yağmurlarına neden olmaktadır)

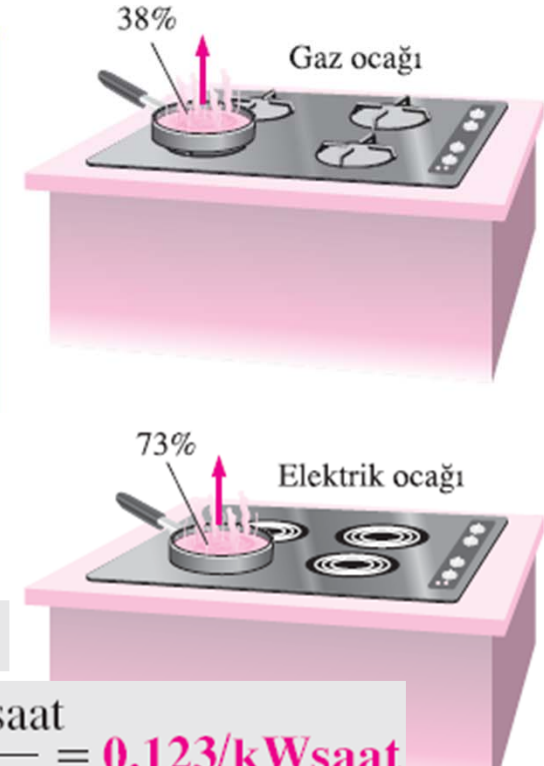


$$\text{Verim} = \frac{\text{Kullanılan enerji}}{\text{Cihaza sağlanan enerji}}$$
$$= \frac{3 \text{ kWh}}{5 \text{ kWh}} = 0.60$$

Yemek piştirme cihazlarının verimi cihaza verilen böylece yemeğe aktarılan enerji oranını göstermektedir.

Örnek 2-15

Yemek pişirmek için kullanılan cihazların verimi, kendilerinden gelen iç enerji kazanımını etkiler. Çünkü verimi düşük olan cihazlar aynı iş için daha fazla enerji harcarlar. Elektrik ve gaz ile çalışan ocakların verimleri sırası ile % 73 ve 38 olarak belirlenmiştir. Elektriğin ve doğal gazın birim fiyatlarının sırası ile \$0.09 / kW-saat ve \$0.55 / term olduğu bir bölgede 2kW gücünde bir elektrikli ocak bulunsun. Ocak tarafından harcanan enerjiyi ve hem elektrikli hemde gazlı ocak için kullanılan enerji maliyetini hesaplayınız.



$$\dot{Q}_{\text{kullanılan}} = (\text{Giren enerji}) \times (\text{Verim}) = (2 \text{ kW})(0.73) = \mathbf{1.46 \text{ kW}}$$

$$\text{Harcanan enerji fiyatı} = \frac{\text{Giren enerji fiyatı}}{\text{Verim}} = \frac{0.09\$/\text{kWsaat}}{0.73} = \mathbf{0.123/\text{kWsaat}}$$

$$\dot{Q}_{\text{g,gaz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{kullanılan}}}{\text{Verim}} = \frac{1.46 \text{ kW}}{0.38} = \mathbf{3.84 \text{ kW}}$$

$$\begin{aligned} \text{Harcanan enerji fiyatı} &= \frac{\text{Giren enerji fiyatı}}{\text{Verim}} = \frac{0.55\$/29.3\text{kWsaat}}{0.38} \\ &= \mathbf{0.049/\text{kWsaat}} \end{aligned}$$

Tartışma Kullanılan gazın maliyeti, elektriğin maliyetinin yarısından daha düşük çıkmaktadır

Mekanik ve Elektrikli Cihazların Verimleri

Mekanik verim

$$\eta_{\text{mek}} = \frac{\text{Alınan mekanik enerji}}{\text{Verilen mekanik enerji}} = \frac{E_{\text{mek}, \zeta}}{E_{\text{mek}, g}} = 1 - \frac{E_{\text{mek}, \text{kayıp}}}{E_{\text{mek}, g}}$$

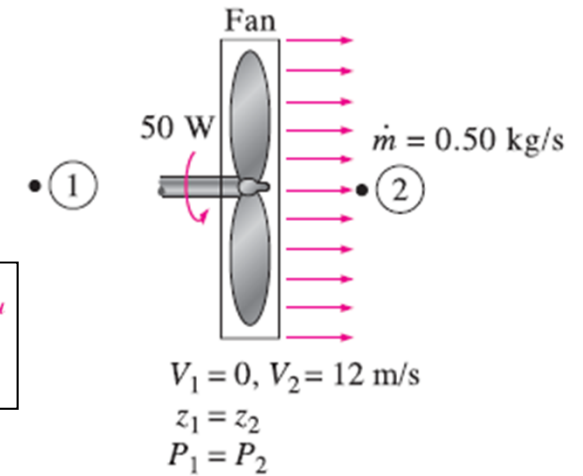
Verilen veya alınan mekanik güç ile akışkanın mekanik enerjisi arasındaki dönüşüm işleminin mükemmellik derecesi **pompa verimi** veya **türbin verimi** olarak tanımlanır.

$$\eta_{\text{pompa}} = \frac{\text{Akışkanın mekanik enerjisindeki artış}}{\text{Verilen mekanik enerji}} = \frac{\Delta \dot{E}_{\text{mek}, \text{akışkan}}}{\dot{W}_{\text{mil}, g}} = \frac{\dot{W}_{\text{pompa}, u}}{\dot{W}_{\text{pompa}}}$$

$$\Delta \dot{E}_{\text{mek}, \text{akışkan}} = \dot{E}_{\text{mek}, \zeta} - \dot{E}_{\text{mek}, g}$$

$$\eta_{\text{türbin}} = \frac{\text{Alınan mekanik enerji}}{\text{Akışkanın mekanik enerjisindeki azalma}} = \frac{\dot{W}_{\text{mil}, \zeta}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mek}, \text{akış.}}|} = \frac{\dot{W}_{\text{türbin}}}{\dot{W}_{\text{türbin}, \zeta}}$$

$$|\Delta \dot{E}_{\text{mek}, \text{akışkan}}| = \dot{E}_{\text{mek}, g} - \dot{E}_{\text{mek}, \zeta}$$



$$\begin{aligned} \eta_{\text{mek, fan}} &= \frac{\Delta \dot{E}_{\text{mek}, \text{akışkan}}}{\dot{W}_{\text{mil}, g}} = \frac{\dot{m} V_2^2 / 2}{\dot{W}_{\text{mil}, g}} \\ &= \frac{(0.50 \text{ kg/s})(12 \text{ m/s})^2 / 2}{50 \text{ W}} \\ &= 0.72 \end{aligned}$$

Bir fanın mekanik verimi, fan çıkışındaki havanın kinetik enerjisinin, fana verilen mekanik güce oranıdır.

Motor verimi

$$\eta_{\text{motor}} = \frac{\text{Alınan mekanik güç}}{\text{Verilen elektriks el güç}} = \frac{\dot{W}_{\text{mil}, \zeta}}{\dot{W}_{\text{elek}, g}}$$

Jeneratör verimi

$$\eta_{\text{jeneratör}} = \frac{\text{Alınan elektriks el güç}}{\text{Verilen mekanik güç}} = \frac{\dot{W}_{\text{elek}, \zeta}}{\dot{W}_{\text{mil}, g}}$$

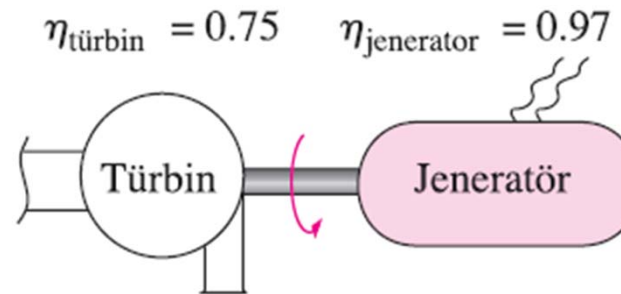
Pompa-motor verimi

$$\eta_{\text{pompa-motor}} = \eta_{\text{pompa}} \eta_{\text{motor}} = \frac{\dot{W}_{\text{pompa}, u}}{\dot{W}_{\text{elek}, g}} = \frac{\Delta \dot{E}_{\text{mek}, \text{akışkan}}}{\dot{W}_{\text{elek}, g}}$$

Türbin-jeneratör verimi

$$\eta_{\text{türbin-jen}} = \eta_{\text{türbin}} \eta_{\text{jeneratör}} = \frac{\dot{W}_{\text{elek}, \zeta}}{\dot{W}_{\text{türbin}, \zeta}} = \frac{\dot{W}_{\text{elek}, \zeta}}{\Delta \dot{E}_{\text{mek}, \text{akışkan}}}$$

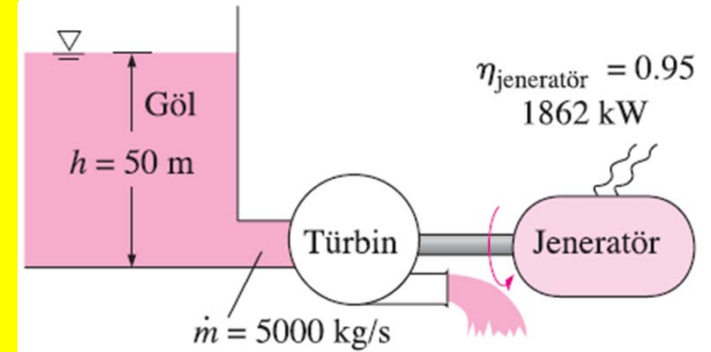
Türbin-jeneratör birleşiminin toplam verimi türbin verimi ile jeneratör veriminin çarpımıdır ve elde edilen elektrik enerjisinin akışkanın mekanik enerjisine oranını gösterir.



$$\begin{aligned} \eta_{\text{türbin-jen}} &= \eta_{\text{türbin}} \eta_{\text{jeneratör}} \\ &= 0.75 \times 0.97 \\ &= 0.73 \end{aligned}$$

Örnek 2-16

Büyük bir göldeki su, derinliğin 50 m olduğu yere bir hidrolik türbin-jeneratör grubu yerleştirmek suretiyle elektrik üretmek için kullanılacaktır. Su, türbine 5000 kg/s kütleli debi ile girmektedir. Üretilen elektrik gücü 1862 kW ve jeneratör verimi % 95 ise (a) türbin-jeneratör grubunun toplam verimini, (b) türbinin mekanik verimini, (c) türbinden jeneratöre verilen mil gücünü hesaplayınız.



(a) Suyun potansiyel ve kinetik enerjileri sıfırdır ve birim kütle için mekanik enerjideki değişim,

$$e_{\text{mek, g}} - e_{\text{mek, ç}} = gh - 0 = gh = (9.81 \text{ m/s}^2)(50 \text{ m}) \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = 0.491 \text{ kJ/kg}$$

$$|\Delta \dot{E}_{\text{mek, akışkan}}| = \dot{m}(e_{\text{mek, g}} - e_{\text{mek, ç}}) = (5000 \text{ kg/s})(0.491 \text{ kJ/kg}) = 2455 \text{ kW}$$

$$\eta_{\text{toplam}} = \eta_{\text{türbin-jen}} = \frac{\dot{W}_{\text{elek, ç}}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mek, akış.}}|} = \frac{1862 \text{ kW}}{2455 \text{ kW}} = \mathbf{0.76}$$

(b) Toplam verim ve jeneratör verimi bilindiği için türbin mekanik verimi kolayca hesaplanabilir.

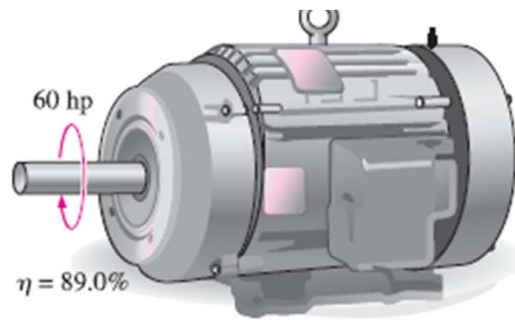
$$\eta_{\text{türbin-jen}} = \eta_{\text{türbin}} \eta_{\text{jeneratör}} \rightarrow \eta_{\text{türbin}} = \frac{\eta_{\text{türbin-jen}}}{\eta_{\text{jeneratör}}} = \frac{0.76}{0.95} = \mathbf{0.80}$$

(c) Mil gücü mekanik verimin tanımından hesaplanabilir.

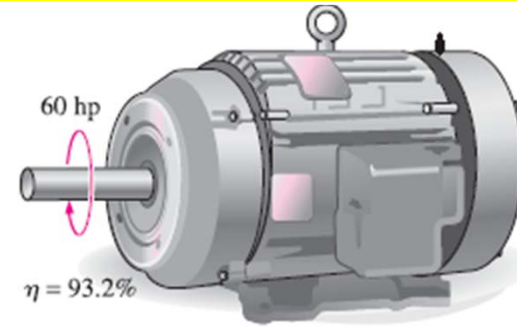
$$\dot{W}_{\text{mil, ç}} = \eta_{\text{türbin}} |\Delta \dot{E}_{\text{mek, akış.}}| = (0.80)(2455 \text{ kW}) = \mathbf{1964 \text{ kW}}$$

Örnek 2-17

Verimi % 89 olan 60 hp gücündeki bir elektrik motorunun eskimesi sonucu yerine verimi % 93.2 olan yüksek-verimli bir motor yerleştirilmiştir. Motor yıl içerisinde tam yüklü olarak 3500 saat çalıştırılmaktadır. Elektriğin birim fiyatını 0.08\$/kW-saat alarak, enerji ve yeni motorun kullanılması ile elde edilecek para tasarrufunu hesaplayınız. Ayrıca eski motorun ve yeni motorun fiyatları sırası ile 4520 ve 5160 dolar ise yatırılan paranın geri kazanım süresini hesaplayınız.



Standart Motor



Yüksek verimli Motor

Her bir motor tarafından çekilen elektrik gücü ve farkları

$$\begin{aligned}\dot{W}_{\text{elektrik g, standart}} &= \dot{W}_{\text{mil}} / \eta_{\text{st}} = (\text{Hesaplanmış güç}) (\text{Yük faktörü}) / \eta_{\text{st}} \\ \dot{W}_{\text{elektrik g, verimli}} &= \dot{W}_{\text{mil}} / \eta_{\text{verimli}} = (\text{Hesaplanmış güç}) (\text{Yük faktörü}) / \eta_{\text{verimli}} \\ \text{Güç tasarrufu} &= \dot{W}_{\text{elektrik g, standart}} - \dot{W}_{\text{elektrik g, verimli}} \\ &= (\text{Hesaplanmış güç}) (\text{Yük faktörü}) (1/\eta_{\text{st}} - 1/\eta_{\text{verimli}})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Enerji tasarrufu} &= (\text{Güç tasarrufu})(\text{Çalışma saati}) \\
 &= (\text{Hesaplanmış güç})(\text{Çalışma saati})(\text{Yük faktörü}) (1/\eta_{\text{st}} - 1/\eta_{\text{ver.}}) \\
 &= (60 \text{ hp})(0.7457 \text{ kW/hp})(3500 \text{ saat/yıl})(1)(1/0.89 - 1/0.932) \\
 &= \mathbf{7929 \text{ kWsaat/yıl}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maliyet tasarrufu} &= (\text{Enerji tasarrufu})(\text{Enerji birim maliyeti}) \\
 &= (7929 \text{ kWsaat/yıl})(0.08\$/\text{kWsaat}) \\
 &= \mathbf{634\$/yıl}
 \end{aligned}$$

kalan ilk yatırım maliyeti fiyat farkı $5160 - 4520 = 640$ olarak bulunur.

$$\text{Geri ödeme zamanı} = \frac{\text{İlk yatırım maliyeti}}{\text{Yıllık maliyet tasarrufu}} = \frac{640\$}{634\$/\text{yıl}} = \mathbf{1.01 \text{ yıl}}$$

Tartışma Yüksek verimli motor enerji tasarrufu ile yatırım maliyetini bir yıl gibi bir zamanda karşılamaktadır. Motorların çalışma ömürlerinin uzun olduğu düşünülürse, satın alınan yüksek verimli motor kesinlikle karlı olacaktır.

ENERJİ VE ÇEVRE

- Enerjinin bir biçimden diğer biçime dönüşmesi, çevreyi ve farklı yollarla soluduğumuz havayı etkilemektedir. Bu nedenle enerji ile ilgili çalışmalar çevreye olan etkisi incelenmeden bitirilemez.
- Fosil yakıtlarının yakılması boyunca açığa çıkan kimyasallar **hava kirliliğine, asit yağmurlarına, küresel ısınmaya ve iklim değişikliklerine** neden olmaktadır
- Çevre kirliliğinin yüksek seviyelere ulaşması, **bitki örtüsünü, vahşi yaşamı ve insan sağlığı** için tehlikeli duruma gelmiştir



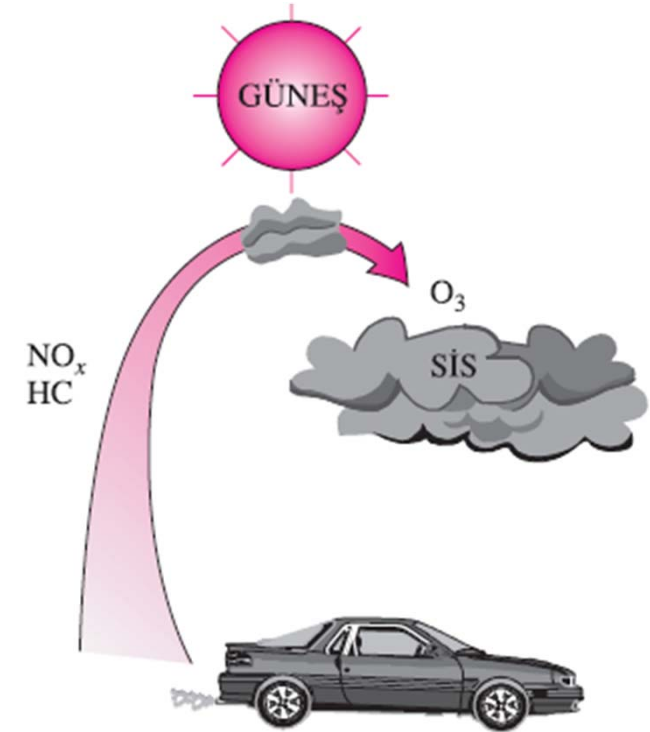
Araç motorları hava kirliliğinin önemli nedenlerindendir.



Enerji dönüşümleri genellikle çevre kirliliğini beraberinde getirmektedir.

Ozon ve Dumanlı Sis

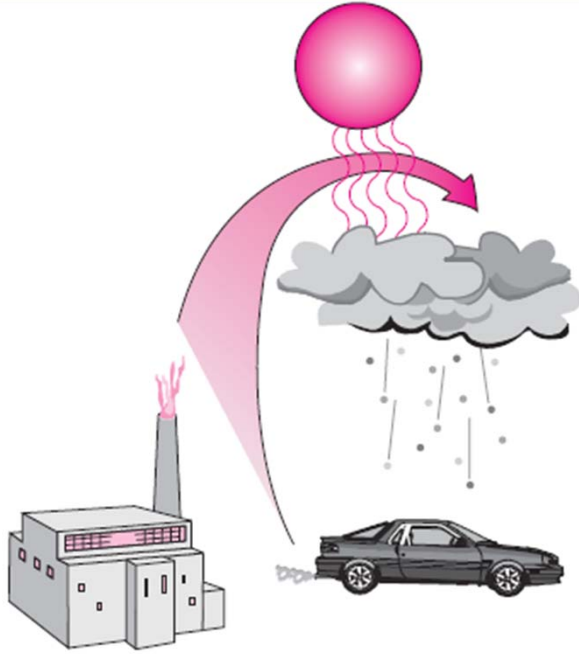
- **Dumanlı sis:** Dumanlı sis, genellikle yer seviyesindeki ozondan (O_3) oluşur, ancak ayrıca, karbon monoksit gibi kimyasallardan, kurum gibi küçük zerrelerden, benzen, bütan ve diğer hidrokarbonlar gibi uçucu organik bileşenlerden (VOCs) oluşur.
- Dumanlı sis, genellikle yer seviyesindeki ozondan (O_3) oluşur, ancak ayrıca, **karbon monoksit** gibi kimyasallardan, kurum gibi küçük zerrelerden, benzen, bütan ve diğer **hidrokarbonlar** gibi uçucu organik bileşenlerden (VOCs) oluşur.
- **Ozon:** Ozon gözleri ve akciğerlerde oksijen ile karbondioksitin yer değiştiği bronşları tahriş eder ve bu yumuşak süngerimsi dokuların sertleşmesine neden olur.
- Ayrıca soluma sıklığına, hırıltıya, aşırı yorgunluğa, baş ağrısına, mide bulantısına, astım gibi solunumla ilgili problemlere neden olur



Kükürt oksit ve nitrik oksidin atmosferdeki gün ışığının fazla olması ile su buharı ve diğer kimyasallarla tepkimeye girmesi ile sülfürik asit ve nitrik asit oluşur.

Asit yağmuru

- Hava kirliliğine sebep olan kükürt dioksit (SO_2), yakıtların içinde bulunan kükürdün oksijen ile tepkimeye girmesi sonucu oluşur .
- Yüksek kükürt oranlı kömür yakan güç santralleri kükürt dioksitin temel edenidir.
- Motorlu araçlarda ayrıca SO_2 emisyonları bırakmaktadır. Çünkü benzin ve dizel yakıt az miktarda kükürt içermektedir.



- Kükürt oksit ve nitrik oksidin atmosferdeki gün ışığının fazla olması ile su buharı ve diğer kimyasallarla tepkimeye girmesi ile sülfürik asit ve nitrik asit oluşur
- Oluşan asit çözülmeden bulut ve sis içersindeki su damlalarına asılı olarak kalır.
- Limon suyu gibi asitli olan asit yüklü bu damlalar gökyüzünden yağmur ve kar ile toprağa düşerler. Bu olay **asit yağmuru** olarak bilinmektedir.

Kükürt oksit ve nitrik oksidin atmosferdeki gün ışığının fazla olması ile su buharı ve diğer kimyasallarla tepkimeye girmesi ile sülfürik asit ve nitrik asit oluşur.

Sera Etkisi Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Sera etkisi: Bunun nedeni belli bir kalınlıktaki camın ışınımın yüzde 90'ını görülebilir aralıkta geçirmesi ve pratik olarak uzun dalga boyundaki kızılötesi ışıkları geçirmez olmasıdır. Bu nedenle cam, güneş ışınımı geçişini sağlamakta ancak iç yüzeylerin kızıl ötesi ışınım emmesini engellemektedir. Bunun sonucu olarak enerjinin artması ile iç sıcaklık artmaktadır. Güneş enerjisinin soğrulması ile gün boyunca yeryüzü ısınmakta ve gece boyunca soğrulan enerjinin, kızılötesi ışınım şeklinde derin boşluklara gönderilmesinden dolayı soğuma meydana gelmektedir.



Yeryüzündeki sera etkisi.

- **Carbon dioxide (CO₂)**, Karbon dioksit (CO₂), su buharı, metan ve azot oksit gibi diğer gazların bir kısmı battaniye gibi davranırlar. Böylece yeryüzünden ısı ışınımını engelleyerek gece dünyanın ılık kalmasını sağlarlar.

- Bunun için temel bileşeni CO₂ olan bu gazlar sera gazları olarak adlandırılırlar.

- CO₂ kömür, yağ gibi fosilleşmiş yakıtların ve doğal gazın yakılması ile üretilir.

- **1995 raporu:** Dünyadaki iklim bilimcileri geçen yüzyıl boyunca dünyadaki sıcaklık artışının yaklaşık **0.5°C** olduğunu belirtmişler ve **2100** yılına kadar bu artışın **2°C** civarında olacağı tahmin edilmektedir.
- İklimlerdeki değişikliklerle beraber fırtına ve şiddetli yağmurların, su baskınlarının ve kuraklıkların meydana gelmesi, kutuplardaki buzların erimesi ile denizlerdeki su seviyelerinin yükselmesi, sulak alanların su kaynaklarının azalması, bazı hayvan türlerinin azalması ile ekolojik sistemin değişmesi, salgın hastalıkların artması, insan sağlığını tehdit etmesi ve bazı bölgelerdeki sosyoekonomik koşulların değişmesi gibi korkutucu etkileri örnek olarak verilebilir.
- Bu nedenle **yenilenebilir enerji kaynaklarının** dünyanın daha yaşanır bir yer olması için dünya genelinde kullanımı teşvik edilmelidir.



Ortalama bir araç her yıl kendi ağırlığının üzerinde miktar CO2 üretmektedir (yılda 12000 mil yol giden araç, 600 galon benzin yakmakta ve her galon için 20 lbm CO2 üretmektedir).



Rüzgar gibi yenilenebilir enerji sera gazları ve kirletici madde bırakmadığından “yeşil enerji” olarak adlandırılır.

Özet

- Enerjinin formları
 - Macrokobik = kinetik + potansiyel
 - Microkobik = İç enerji(duyulur + gizli + kimyasal + nükleer)
- Isı ile enerji geçişi
- İş ile enerji geçişi
- İşin mekanik biçimleri
- Termodinamiğin birinci yasası
 - Enerjinin korunumu
 - Sistemdeki enerji değişimi
 - Enerji geçişinin gerçekleşme yolları (ısı, iş, kütle akışı)
- Enerji dönüşüm verimleri
 - Mekanik ve elektrikli cihazların verimi (türbinler , pompalar)
- Enerji ve çevre
 - Ozon ve dumanlı sis
 - Asit yağmuru
 - Sera etkisi: Küresel ısınma