

Bölüm 2

ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ VE GENEL ENERJİ ÇÖZÜMLEMESİ

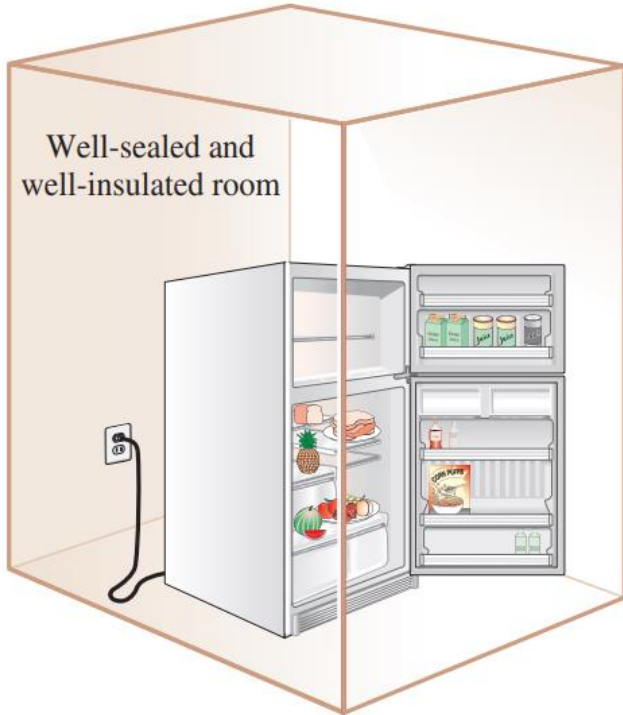
Termodinamik

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.

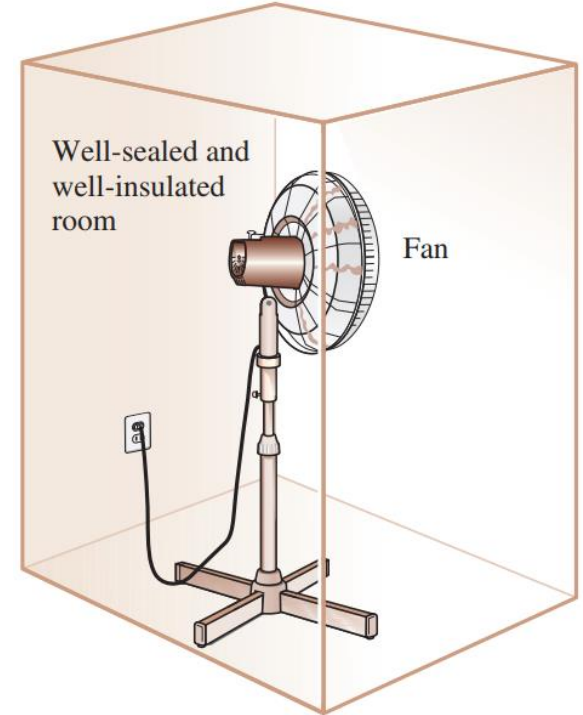
GİRİŞ

- 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 bir odada çalıştırılan bir 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 makroskobik formu:** sistemin tümünün bir dış referans noktasına göre sahip olduğu enerjidir, kinetik ve potansiyel enerji gibi
- **Enerjinin mikroskobik formu :** sistemin moleküler yapısı ve moleküler hareketliliğiyle ilgilidir ve dış referans noktalarından bağımsızdır.
- **İç enerji, U :** Mikroskobik 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 makroskobik enerjisi hız ve yükseklikle değişir.

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

Kinetik enerji

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

Kinetik enerji
birim kütle için

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

Potansiyel enerji

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

Potansiyel enerji
birim kütle için

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

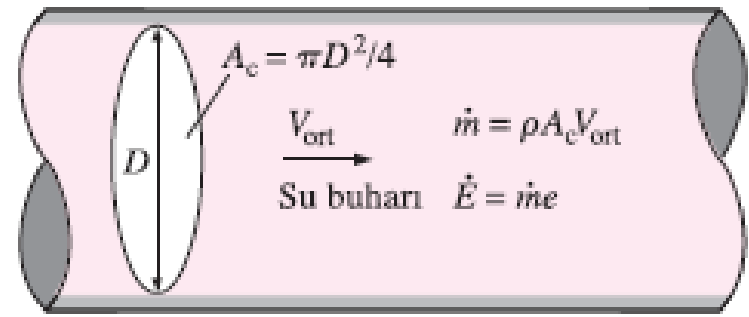
Sistemin
toplam enerjisi

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

Birim kütle için sistemin
toplam enerjisi

$$e = \frac{E}{m} \quad (\text{kJ/kg})$$

Birim kütle başına toplam
enerji (özellik enerjisi)



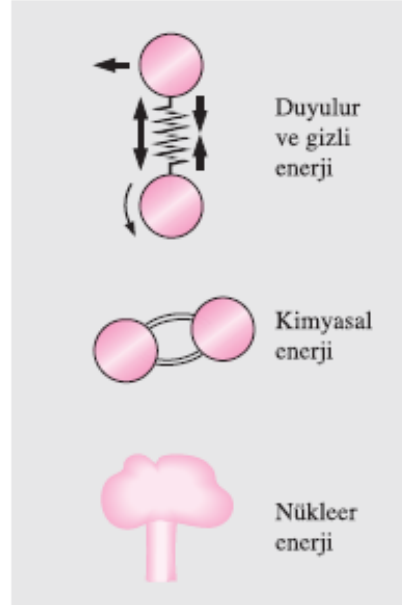
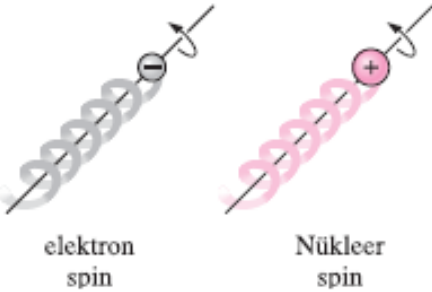
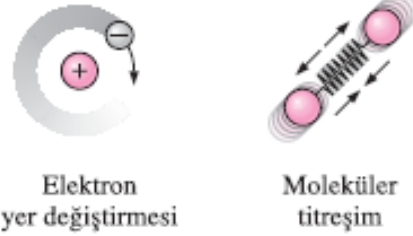
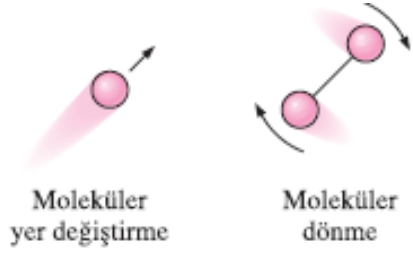
Kütlesel debi

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho A_c V_{avg} \quad (\text{kg/s})$$

Birim zamandaki enerji

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

İç Enerji Hakkında Bazı Fiziksel Gözlemler



Bir sistemin iç enerjisi, mikroskopik 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

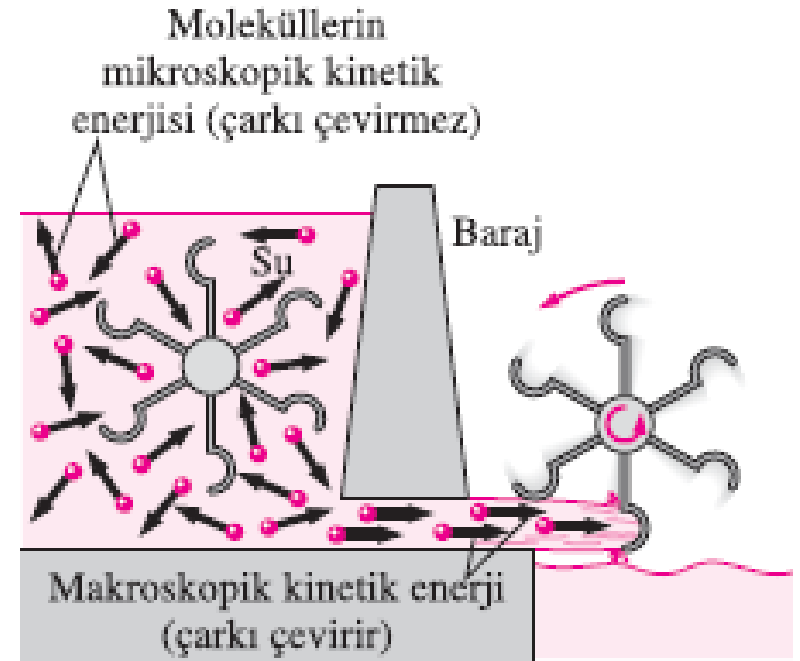
İç Enerji = Duyulur + Gizli + Kimyasal + Nükleer

- 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 sınırlarım geçerken algılanır ve hal değişimi sırasında sistem tarafından kazanılan veya kaybedilen **enerjiyi** gösterir.

- Kapalı sistemle ilişkili enerji etkileşimleri sadece **ısı geçişi** ve **iş** olabilir.

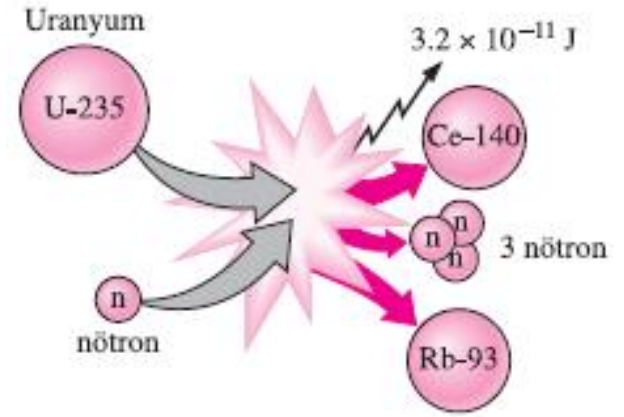


Makroskopik kinetik enerji, enerjinin organize bir biçimidir ve moleküllerin sahip olduğu dağınık biçimdeki mikroskopik kinetik enerjilerden daha faydalıdır.

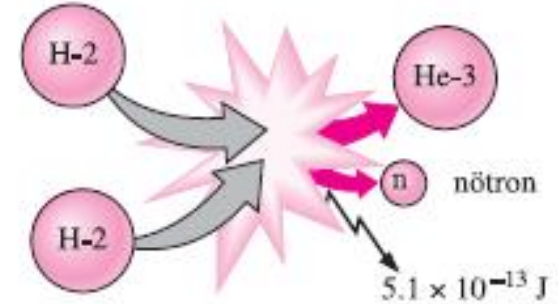
- **İş ve ısı transferi arasındaki fark:** Enerji etkileşimi eğer sıcaklık farkından dolayı oluşuyorsa ısı transferi, yoksa iş'tir.

Nükleer Enerji

- En çok bilinen fisyon reaksiyonu, nükleer güç santrallerinde (**2023** yılında,dünya genelinde bulunan **446** santralin kapasitesi **399.443 MW 2.552.067 GWh** 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 Nükleer Yakıt ile Çalıştırılan Bir Araç

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 problemlerim 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 (Şekil 2-9)



Analiz Araç tarafından günlük yakılan benzinin kütlesi

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

Benzinin ısıtma değeri 44000 kJ/kg olduğuna göre araca verilen günlük enerji

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

olarak bulunur. Fisyon reaksiyonunda 0.1 kg U-235

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

ısı verir. Bu değeri aracın enerji ihtiyacını

$$\text{Gün sayısı} = \frac{\text{Yakıtın enerji içeriği}}{\text{Günlük enerji kullanımı}} = \frac{6.73 \times 10^9 \text{ kJ}}{165,000 \text{ kJ/gün}} = \mathbf{40,790 \text{ gün}}$$

Mekanik Enerji

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

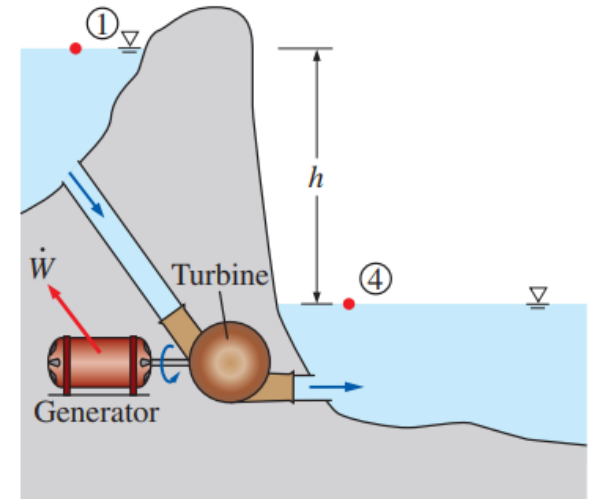
Kinetik ve potansiyel enerji: Mekanik enerjinin bilinen formlarıdır.

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

Akış halindeki bir akışkanın mekanik enerjisi birim kütledir

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

Akış halindeki bir akışkanın mekanik enerjisi



Sıkıştırılmaz ($\rho = \text{sabit}$) akışkanlarda mekanik enerji değişimi birim kütledir

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

Sıkıştırılmaz ($\rho = \text{sabit}$) akışkanlarda mekanik enerji değişimi

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

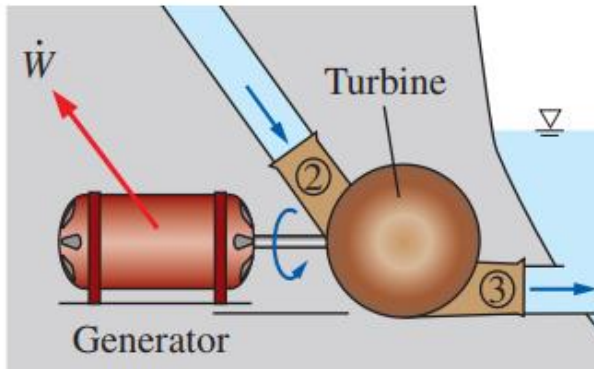
Mekanik Enerji

Sıkıştırılmaz ($\rho = \text{sabit}$) akışkanlarda mekanik enerji değişimi birim kütlede

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

Sıkıştırılmaz ($\rho = \text{sabit}$) akışkanlarda mekanik enerji değişimi

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



$$\dot{W}_{\text{max}} = \dot{m} \Delta e_{\text{mech}} = \dot{m} \frac{P_2 - P_3}{\rho} = \dot{m} \frac{\Delta P}{\rho}$$

since $V_2 \approx V_3$ and $z_2 = z_3$

(b)

ÖRNEK: Rüzgar Enerjisi

Esinti hızı sürekli olarak 8,5 m/s olan bir bölge rüzgar çiftliği olarak düşünülmektedir. Buna göre; **a)** birim kütledeki, **b)** 10 kg kütle için ve **c)** hava kütle debisi 1154 kg/s olduğunda rüzgar enerjisini hesaplayınız?

(a) Birim kütledeki rüzgar enerjisi

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

(b) 10 kg havanın rüzgar enerjisi

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

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

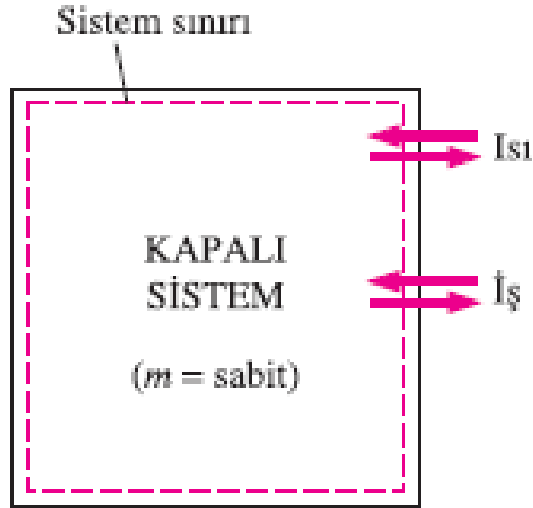
$$\dot{E} = \dot{m} e = (1154 \text{ kg/s})(36.1 \text{ J/kg}) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ J/s}} \right) = \mathbf{41.7 \text{ kW}}$$



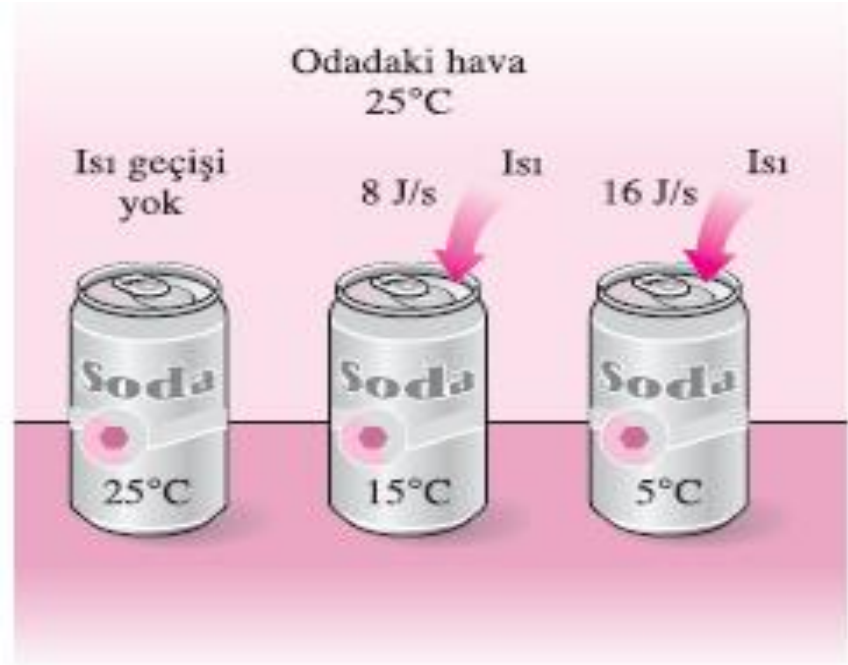
Tartışma: Verilen kütle debisinin, hava yoğunluğu 1,2 kg/m³ olarak alındığında 12 m çapındaki bir akış alanına karşılık geldiği görülebilir. Bu nedenle 12 m çapındaki bir türbin ile 41,7 kW güç üretilebilir. Gerçek türbinler bu potansiyelin üçte birini elektrik gücüne dönüştürürler.

ISI İLE ENERJİ GEÇİŞİ

Isı: iki sistem arasında (veya sistemle çevresi arasında) sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen enerji geçişine denilmektedir.



Enerji bir sistemin sınırlarından ısı veya iş olarak geçebilir.



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

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

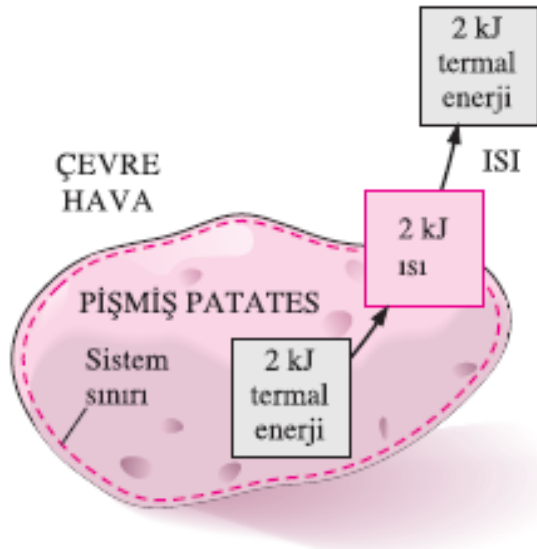
Birim kütle için ısı transferi

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

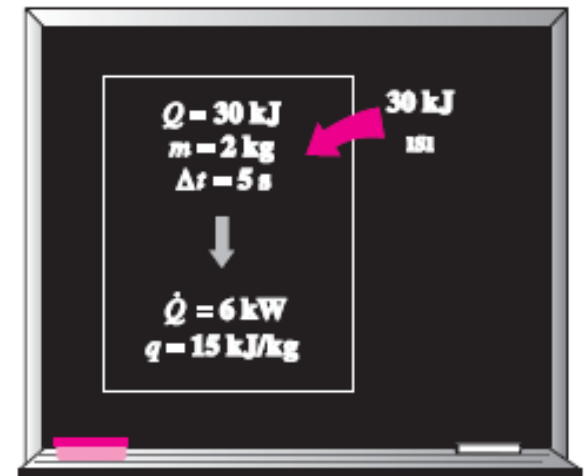
Birim zamanda geçen ısıнын sabit olması durumunda ısı transfer miktarı

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

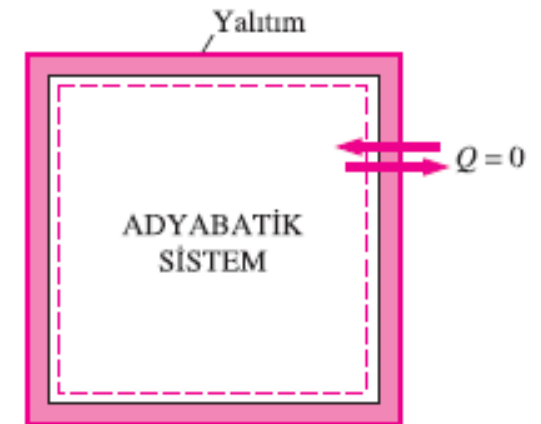
Zamanla değişen ısı Transfer oranı



Enerji sadece sistem sınırlarını geçerken ısı olarak tanımlanabilir.



q , Q ve $\dot{Q}$ arasındaki ilişki



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:

1. İletim: bir maddenin, enerjisi daha fazla olan moleküllerinden yakındaki diğer moleküllere, moleküller arasındaki etkileşim sonucunda enerji geçişidir.

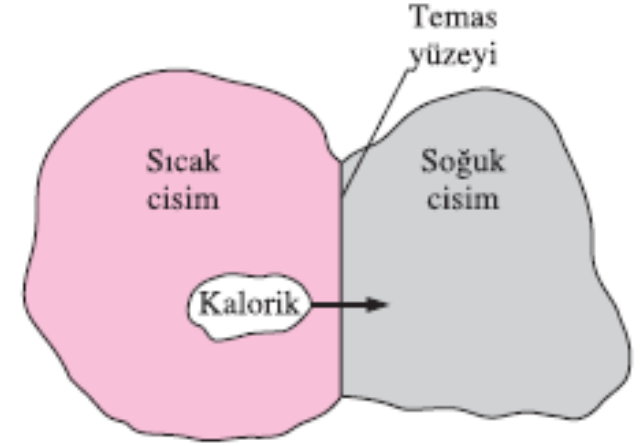
$$Q = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{L}$$

2. Taşınım: katı bir yüzeyle onun temas ettiği akışkan bir ortam arasında gerçekleşen ısı geçişidir.

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

3. Işınım: Maddenin atom veya moleküllerinin elektron düzeninde olan değişimler sonucunda yayılan elektromanyetik dalgalar veya fotonlar aracılığıyla gerçekleşen enerji aktarımıdır.

$$Q = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4$$



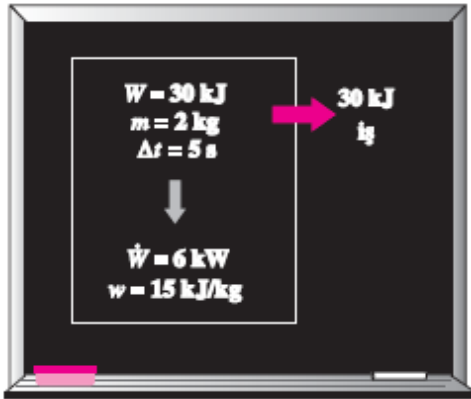
19. yüzyılın başlarında ısı, sıcak cisimlerden soğuk cisimlere akan ve kalorik adı verilen görünmez bir akışkan olarak bilinirdi.

İŞ İLE ENERJİ GEÇİŞİ

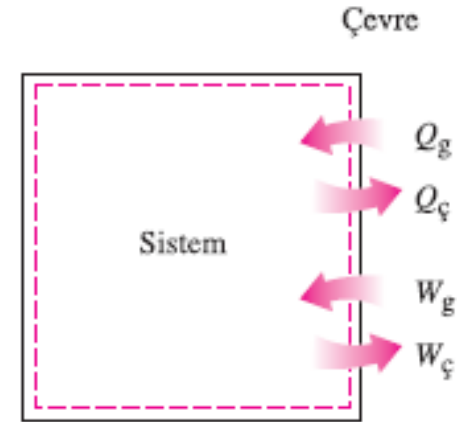
İş: Sistemle çevresi arasında bir enerji alış verişidir.

- 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

$$w = \frac{W}{m} \quad (\text{kJ/kg}) \quad \text{birim kütle için yapılan iş}$$



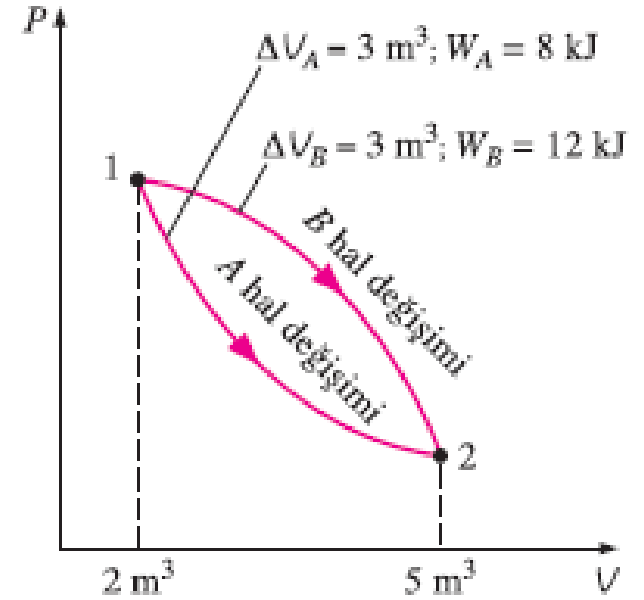
Güç, birim zamanda yapılan iş



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.

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

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

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

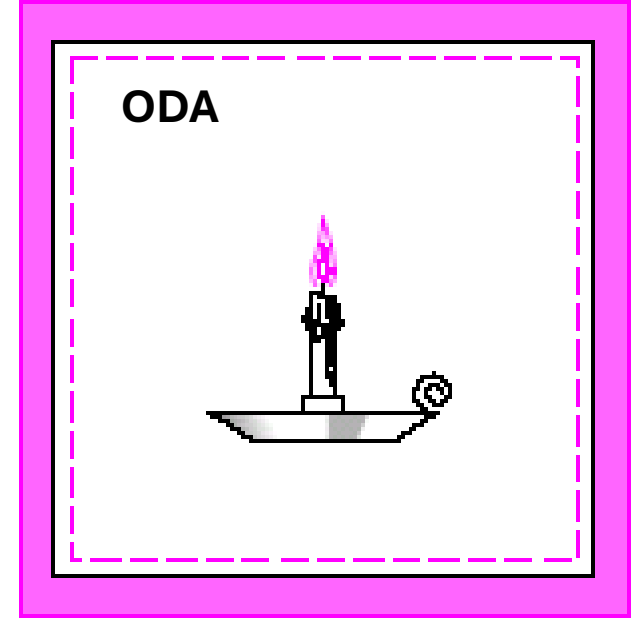
$$\int_1^2 \delta W = W_{12} \quad (\Delta W \text{ değil})$$

ÖRNEK

İyice yalıtılmış bir odada bir mum yanmaktadır. Sistem olarak hava ve mumdan oluşan odayı göz önüne alarak,

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

Yalıtım



Çözüm

a) Şekilde kesik çizgilerle gösterildiği gibi odanın iç yüzeyleri sistem sınırını oluşturmaktadır. Isı geçişi, sistem sınırları göz önüne 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 olabilir.

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 iç enerjisinde bir artış veya azalma olmadığı için bu hal değişimi sırasında $\Delta U = 0$ olur.

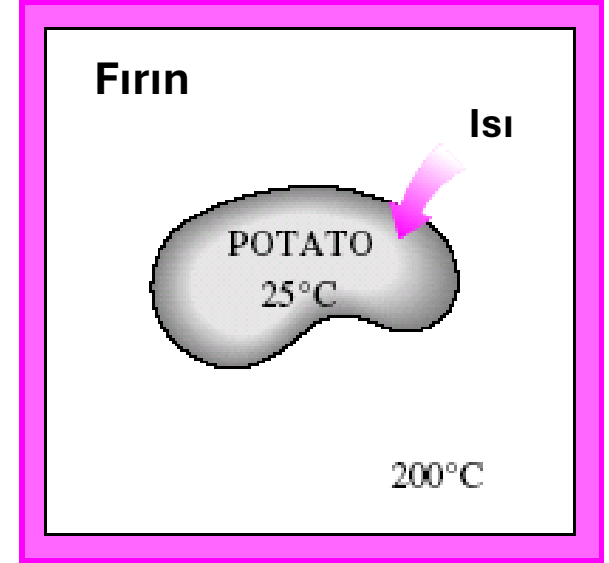
ÖRNEK

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

Çözüm

- 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.

Yalıtım

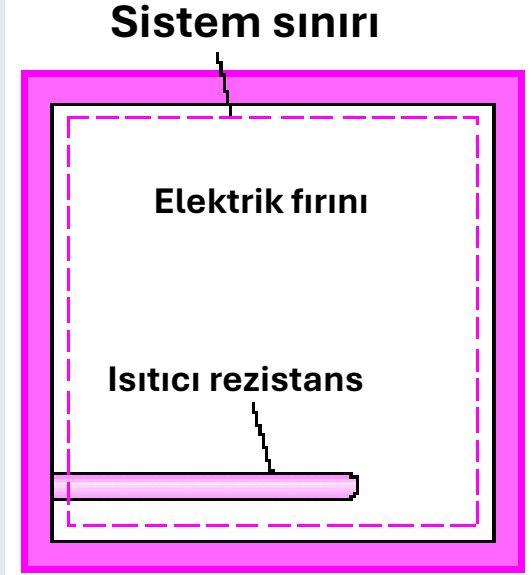


ÖRNEK

iyi 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?

Çözüm

- 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.

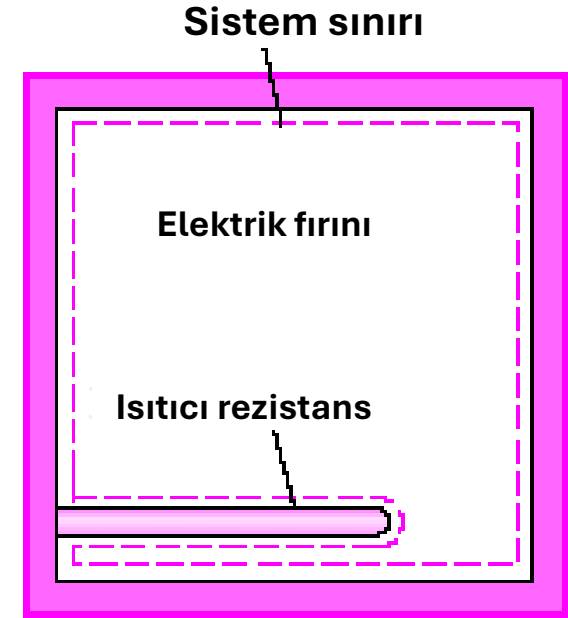


ÖRNEK

Şekildeki soruyu sistem olarak sadece fırının içindeki havayı alarak cevaplayın.

Çözüm

- 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 İşi

N coulomb elektrik yükü bir V potansiyel farkı boyunca hareket ettiğinde yapılan **elektriksel iş**:

Elektriksel iş (W) = Yük (Q) × Potansiyel farkı (V) = N × V

$$W = N \times V$$

Elektrik gücü

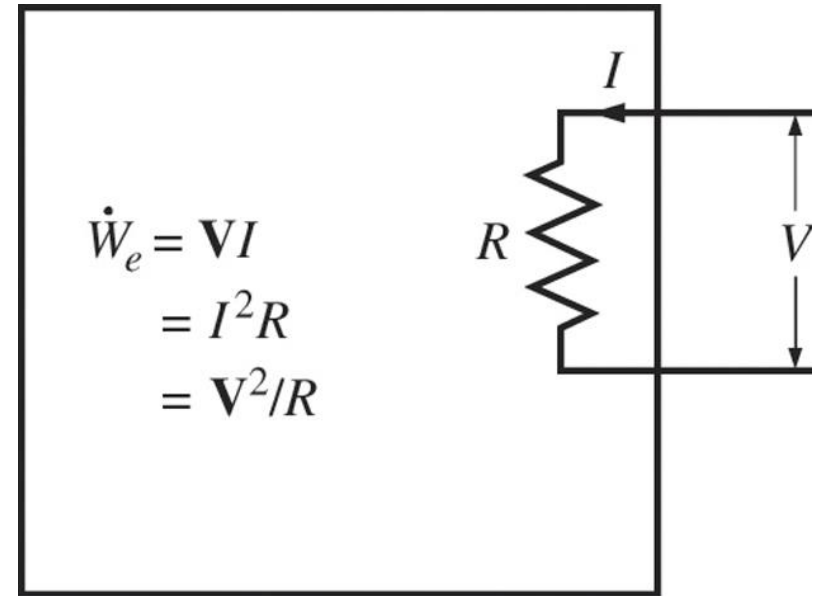
$$\dot{W}_e = \mathbf{VI} \quad (\text{W})$$

bu bakımdan t zaman aralığında yapılan elektrik işi

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

V ve I sabit kalıyorsa, bu bağıntı

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



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

İŞİN MEKANİK BİÇİMLERİ

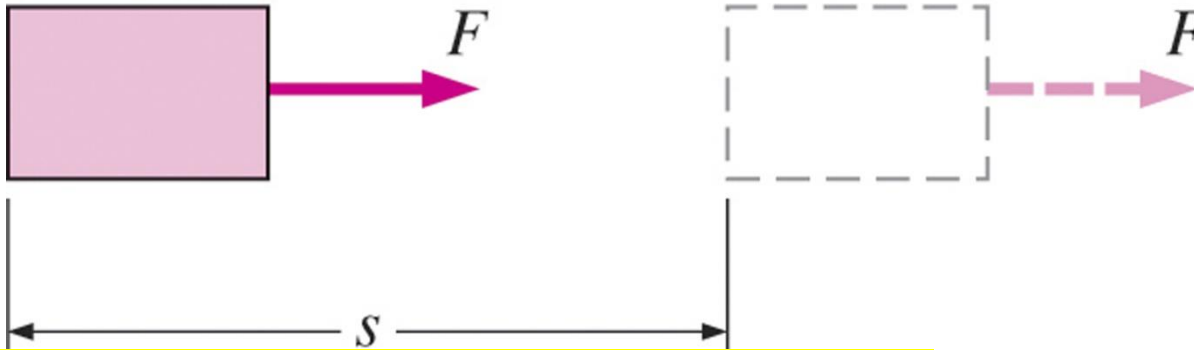
- Sistemle çevresi arasında bir iş etkileşiminin olabilmesi için iki koşulun sağlanması gerekir:
 - Sınırdaki etkiyen bir **kuvvet** olmalıdır
 - **Sınır** hareket etmelidir.

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

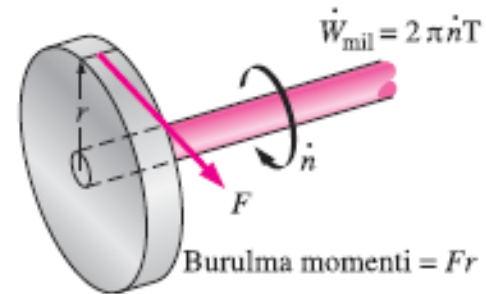
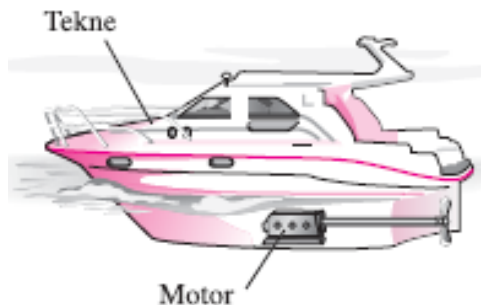
$$s = (2\pi r)n$$

Mil İşi

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

Mille iletilen güç, birim zamanda yapılan mil işidir

$$\dot{W}_{sh} = 2\pi nT \quad (\text{kW})$$



Döner mille enerji aktarımına uygulamalarda sıkça rastlanır.

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

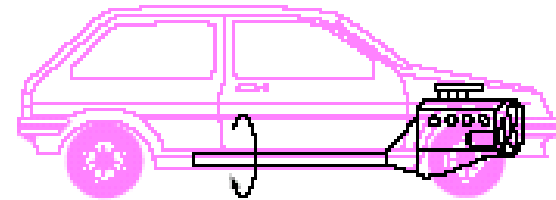
ÖRNEK:

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

Çözüm

Milin ilettiği güç:

$$\begin{aligned}\dot{W}_{sh} &= 2\pi nT = (2\pi) \left(4000 \frac{1}{\text{min}}\right) (200 \text{ N} \cdot \text{m}) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right) \left(\frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ N} \cdot \text{m}}\right) \\ &= \mathbf{83.8 \text{ kW}} \quad (\text{or } 112 \text{ hp})\end{aligned}$$



$$n = 4000 \text{ rpm}$$

$$\tau = 200 \text{ Nm}$$

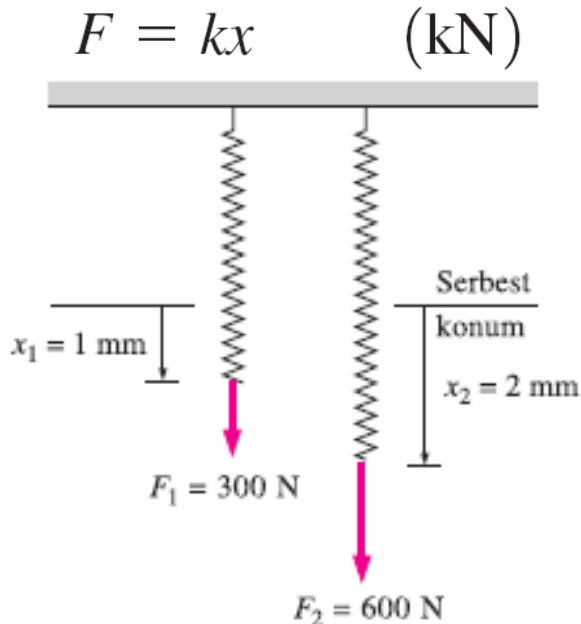
Arabanın krank milinden iletilen gücün büyüklüğü yukarıda hesaplanmıştır. Mil İşinin işareti ise seçilen sisteme bağlı olacaktır.

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



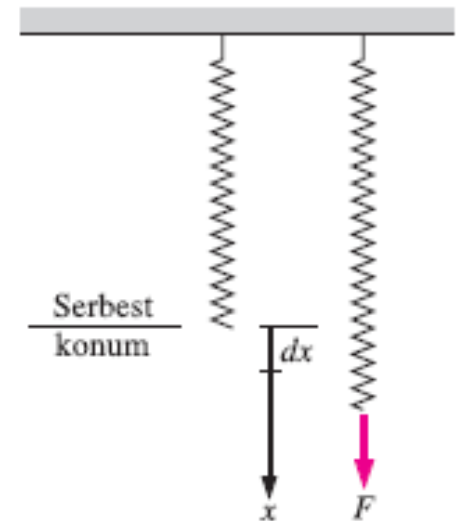
k : yay katayısı (kN/m)

Yayın, bir kuvvet etkisi altında uzaması.

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

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

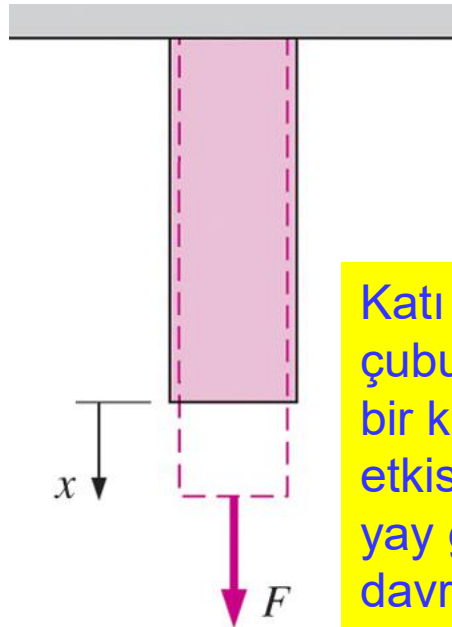
x_1 and x_2 : yayın başlangıç ve sondaki yerdeğiştirmeleridir.



Esnek Katı Çubuklar Üzerinde Yapılan İş

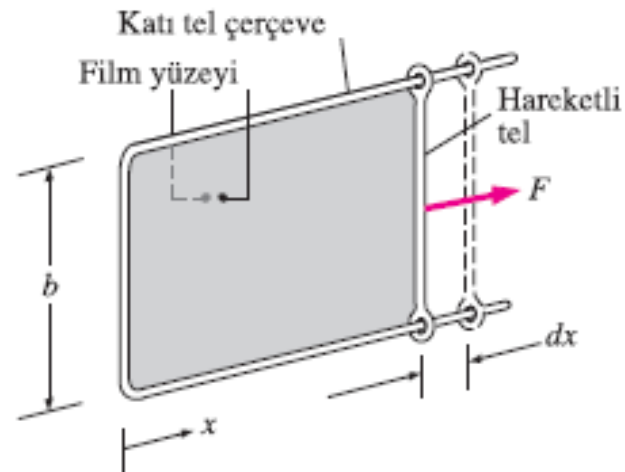
$$W_{\text{esnek}} = \int_1^2 F dx = \int_1^2 \sigma_n A dx \quad (\text{kJ})$$

Sıvı Tabakalarının Gerilmesi ile İlgili İş



Katı çubuklarda bir kuvvetin etkisi altında yay gibi davranırlar.

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



Sıvı filminin hareketli bir telle gerilmesi.

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.



Yükseltilirken bir cisme aktarılan enerji cismin potansiyel enerjisindeki değişime eşittir.

Mekanik Olmayan İş

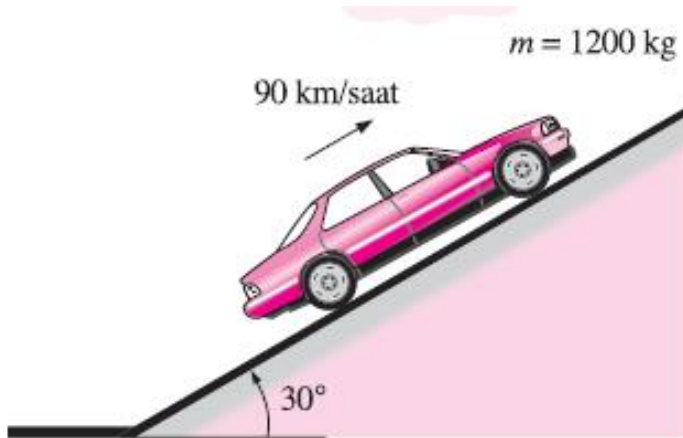
Elektrik İş: Genelleştirilmiş kuvvet *voltaj* (elektrik potansiyeli), genelleştirilmiş yer değişiminin *elektrik yükü* olarak alınır.

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

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

ÖRNEK: Bir Araba Rampa Çıkarken Gerekli Güç

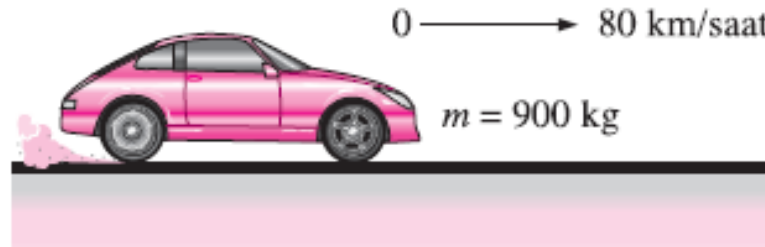
1200 kg ağırlığındaki bir otomobil düz yolda 90 km/saat ortalama hızla hareket etmektedir. Daha sonra yatay düzlemle 30° eğimli bir rampaya çıkmaya başlamıştır. Rampa boyunca otomobilin hızı sabit kalıyor ise, motor tarafından verilmesi gereken ilave gücü hesaplayınız?



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

ÖRNEK: Bir Otomobili Hızlandırmak İçin Gerekli Güç

Şekilde gösterilen 900 kg ağırlığındaki bir otomobili, düz yolda 20 saniyede durma anından 80 km/saat hıza çıkarmak için gerekli gücü hesaplayınız?



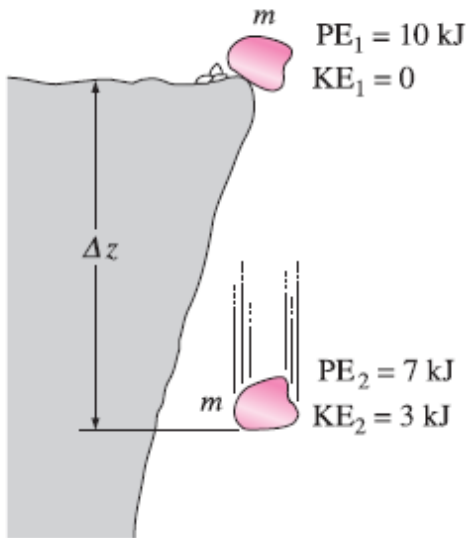
$$W_i = \frac{1}{2}m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2}(900 \text{ kg}) \left[\left(\frac{80,000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \right)^2 - 0^2 \right] \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right)$$
$$= 222 \text{ kJ}$$

Ortalama güç aşağıdaki şekilde hesaplanır.

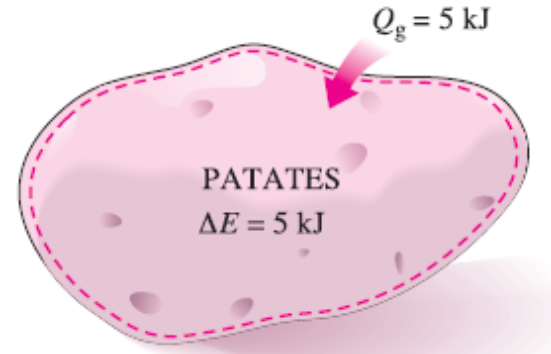
$$\dot{W}_i = \frac{W_i}{\Delta t} = \frac{222 \text{ kJ}}{20 \text{ s}} = \mathbf{11.1 \text{ kW}} \quad (\text{veya } 14.9 \text{ hp})$$

TERMODİNAMİĞİN BİRİNCİ YASASI

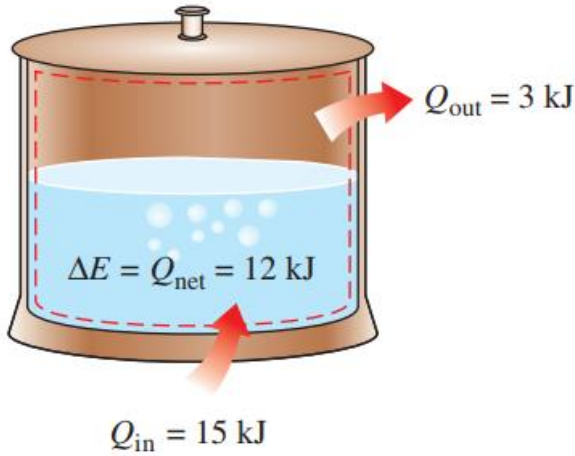
- **Termodinamiğin birinci yasası (enerjinin korunumu ilkesi):** Enerjinin değişik biçimleri arasındaki ilişkileri ve genel olarak enerji etkileşimlerini incelemek için sağlam bir temel oluşturur.
- Termodinamiğin birinci yasası deneysel gözlemlere dayanarak, *enerjinin var veya yok edilemeyeceğini, 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.



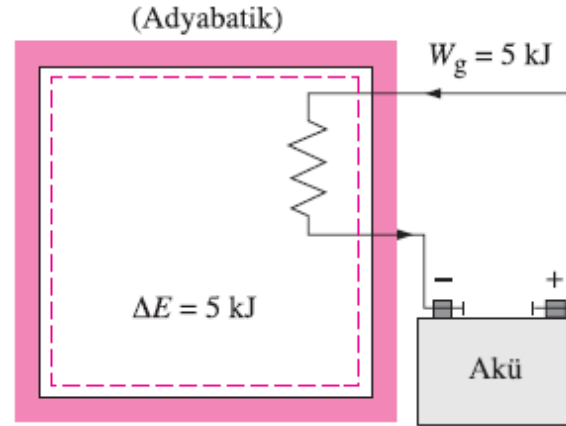
Enerji var
veya yok
edilemez,
sadece
biçim
değiştirebilir



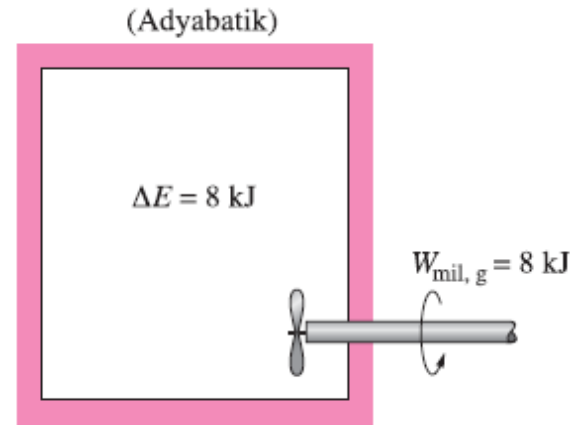
Fırındaki patatesin enerjisindeki artış, patatese geçen ısıya eşittir.



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



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

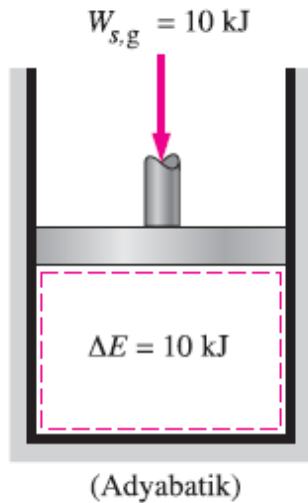


Adyabatik bir sistem üzerinde yapılan iş (mil) sistemin enerji artışına eşittir.

Enerjinin Korunumu

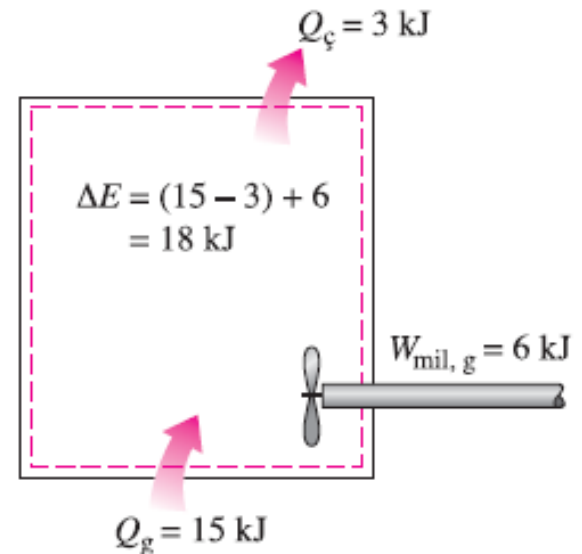
- Enerjinin korunumu ilkesi bir hal değişimi sırasında kapalı bir sistemin toplam enerjisindeki net değişim (artma veya azalma) sisteme giren toplam enerji ile sistemden çıkan toplam enerjinin farkına eşit.*

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



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

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



Adyabatik bir sistem üzerinde yapılan iş (sınır) sistemin enerji artışına 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 $E_{\text{çıkan}}$

- Isı geçişi
- İş geçişi
- Kütle transferi

$$E_{\text{in}} - E_{\text{out}} = (Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}) + (W_{\text{in}} - W_{\text{out}}) + (E_{\text{mass,in}} - E_{\text{mass,out}}) = \Delta E_{\text{system}}$$

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

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

$$W = \dot{W} \Delta t$$

Sabit kütle veya kapalı sistemlerde sadece ısı geçişi ve iş vardır.

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

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

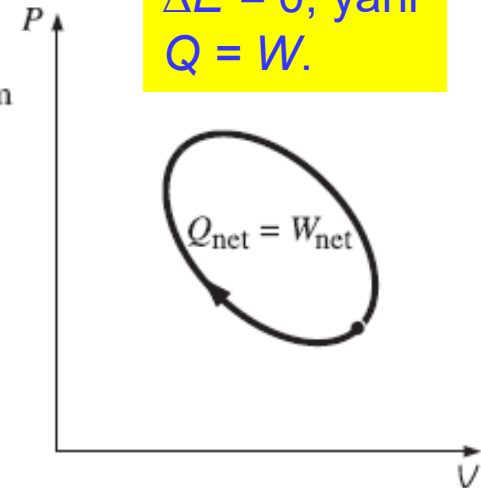
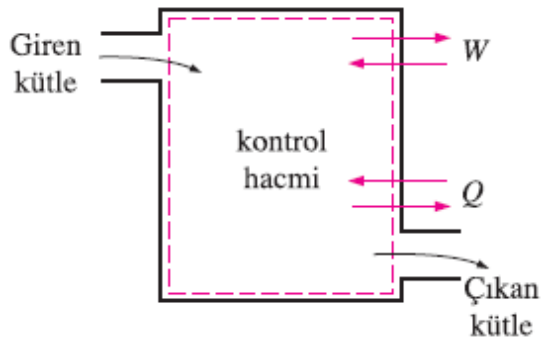
$$e_g - e_c = \Delta e_{\text{sistem}} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$\delta E_g - \delta E_{\dot{c}} = dE_{\text{sistem}} \quad \text{veya} \quad \delta e_g - \delta e_{\dot{c}} = de_{\text{sistem}}$$

$$W_{\text{net}, \dot{c}} = Q_{\text{net}, g}$$

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

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

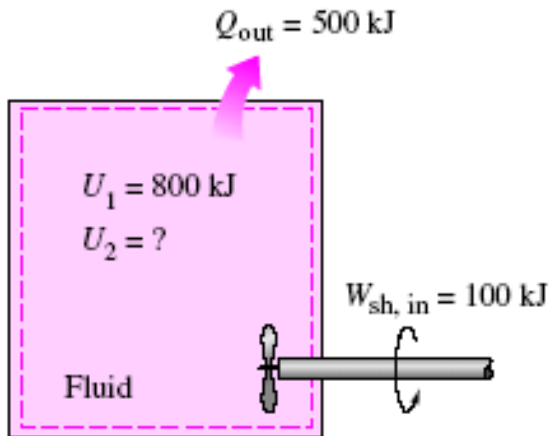


ÖRNEK

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

Çözüm

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,



$$\underbrace{E_{\text{in}} - E_{\text{out}}}_{\text{Net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{\Delta E_{\text{system}}}_{\text{Change in internal, kinetic, potential, etc., energies}}$$

$$W_{\text{sh, in}} - Q_{\text{out}} = \Delta U = U_2 - U_1$$
$$100 \text{ kJ} - 500 \text{ kJ} = U_2 - 800 \text{ kJ}$$
$$U_2 = 400 \text{ kJ}$$

ÖRNEK 2-11 Bir Fan ile Ortamdaki Hava Hızının Arttırılması

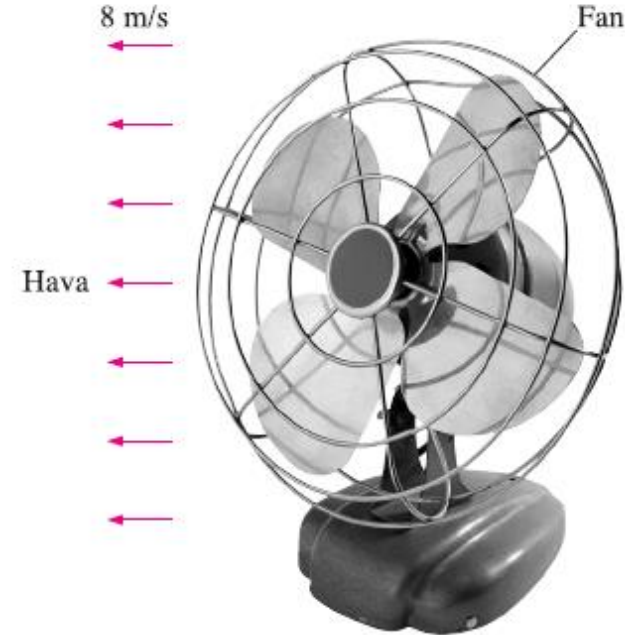
20 W güç harcayan bir fan kullanılarak bir havalandırma odasından 0.25 kg/s kütle debisi ve 8 m/s boşaltma hızı ile hava tahliyesi istenmektedir (Şekil 2-48). Bu isteğin uygun olup olmadığını belirleyiniz.

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

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

verilenler yerine konulduğunda maksimum hava çıkış hızı

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



ÖRNEK 2-12 Bir Fanın Isıtma Etkisi

Bir oda başlangıçta 20°C dış ortam sıcaklığındadır. 200 W elektrik gücü harcayan bir fan odada çalıştırılmaktadır (Şekil 2-49). Oda ile dış ortam arasındaki ısı geçişi $Q = UA(T_i - T_d)$ olarak verilmiştir. Burada $U = 6\text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 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.

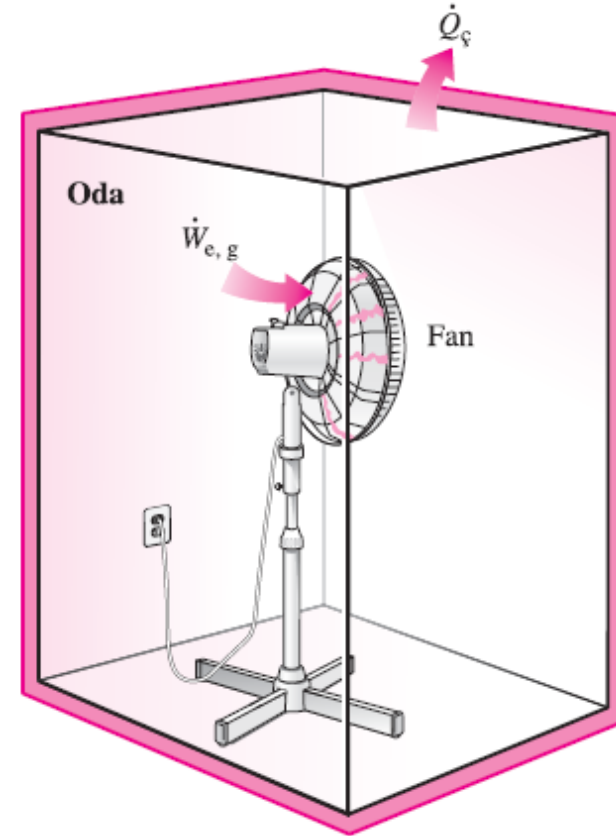
$$\underbrace{\dot{E}_g - \dot{E}_\phi}_{\text{Birim zamanda; ısı, iş ve kitle ile gerçekleşen enerji geçişi}} = \underbrace{\frac{dE_{\text{sistem}}}{dt}}_{\text{Birim zamanda sistemin iç, kinetik, potansiyel vb. enerjilerindeki değişim}} \xrightarrow{0 \text{ (sürekli)}} 0 \rightarrow \dot{E}_g = \dot{E}_\phi$$

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

yazılabilir. Verilen değerler yerine konulduğunda oda içerisindeki hava sıcaklığı

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

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



ÖRNEK 2-13 Bir Sınıfın Yıllık Aydınlatma Maliyeti

Bir sınıfın aydınlatma ihtiyacı her biri 80 W olan 30 floresan lamba ile karşılanmaktadır (Şekil 2-50). Sınıftaki ışıklar yılda 250 gün ve günde 12 saat açık tutulmaktadır. Elektriğin kW-saati 7 sent ise, sınıfın yıllık aydın-

latma 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.

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



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%



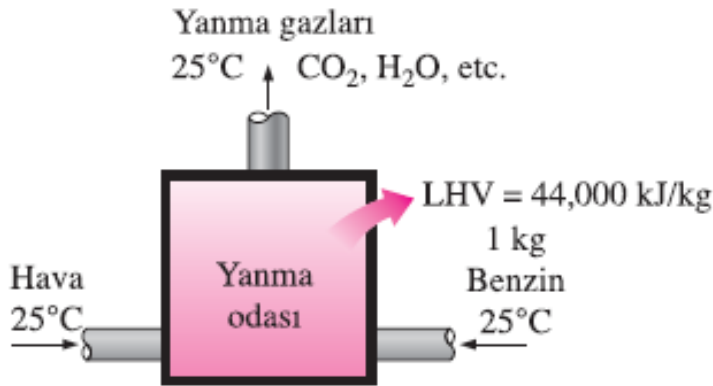
Verim tanımı termodinamik ile sınırlı değildir.

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

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.



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**)

Benzinin ısıtma değerinin tanımı.

Jeneratör: Mekanik enerjiyi elektrik enerjine 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.

TABLO 2-1

Çeşitli aydınlatma sistemlerinin etkinliği

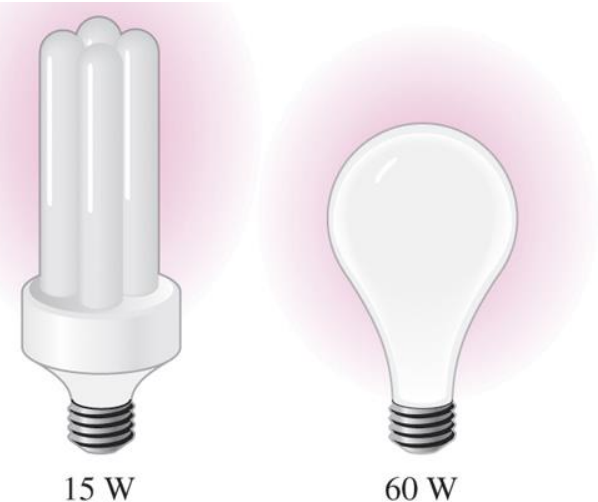
Aydınlatma tipi	Etkinlik, lümen/W
Yanma	
Mum	0.2
Akkor	
Basit	6–20
Halojen	16–25
Floresan	
Basit	40–60
Yüksek çıkışlı	70–90
Kompakt	50–80
Yüksek şiddetli deşarjlı	
Cıva buharı	50–60
Metal halide	56–125
Yüksek basınçlı sodyum	100–150
Düşük basınçlı sodyum	200'ün üzeri

Güç santrallerinde toplam verim

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

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

15 W gücündeki kompakt şorasan lamba 60 W gücündeki akkor lamba kadar ışık verir.



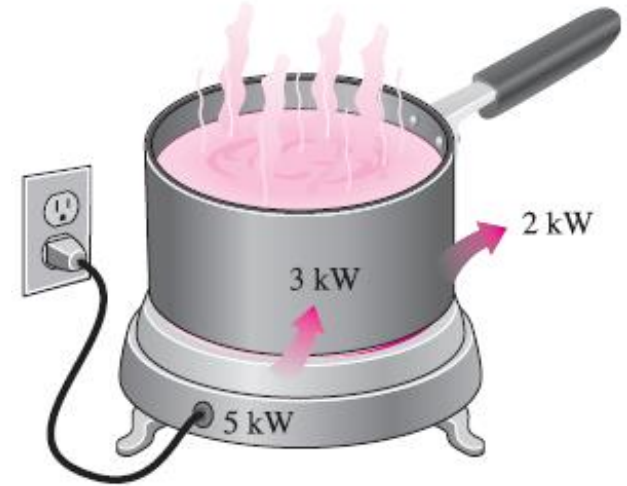
TABLO 2-2

Farklı cihazlarla güveç pişirilmesinin enerji maliyeti*

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

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

- ❑ Verimli enerji cihazları kullanarak enerji korunur.
- ❑ Yakıtların yanması sonucu açığa çıkan ve atmosfere bırakılan kimyasallar azalacağı için çevre için faydalı olacaktır.
- ❑ Yakıtın yanması
 - **Karbondiyoksit** (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:

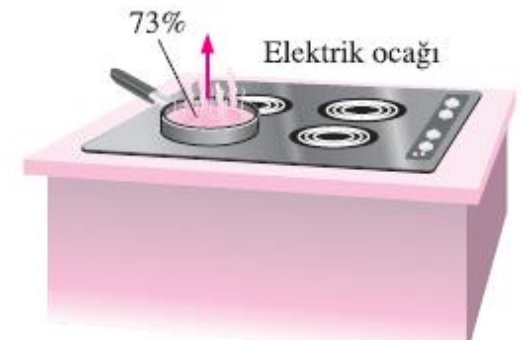
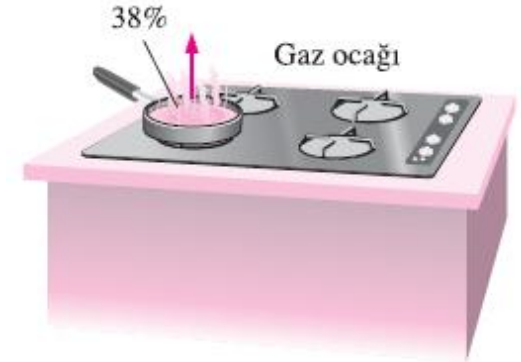
Elektrikli ve Gazlı Ocaklarla Yemek Pişirme Maliyeti Yemek pişirmek için kullanılan cihazların verimi, kendilerinden gelen iç enerji kazanımını etkiler. Çünkü verimi düşük olan cihazlar aynı iş için daha fazla enerji harcarlar. Elektrik ve gaz ile çalışan ocakların verimleri sırası ile yüzde 73 ve 38 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 hem de gazlı ocak için kullanılan enerji maliyetini hesaplayınız.

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

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

$$\dot{Q}_{\text{g.gaz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{kullanılan}}}{\text{Verim}} = \frac{1.46 \text{ kW}}{0.38} = \mathbf{3.84 \text{ kW}} \quad (= 13,100 \text{ Btu/saat})$$

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



Mekanik ve Elektrikli Cihazların Verimleri

Mekanik verim

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

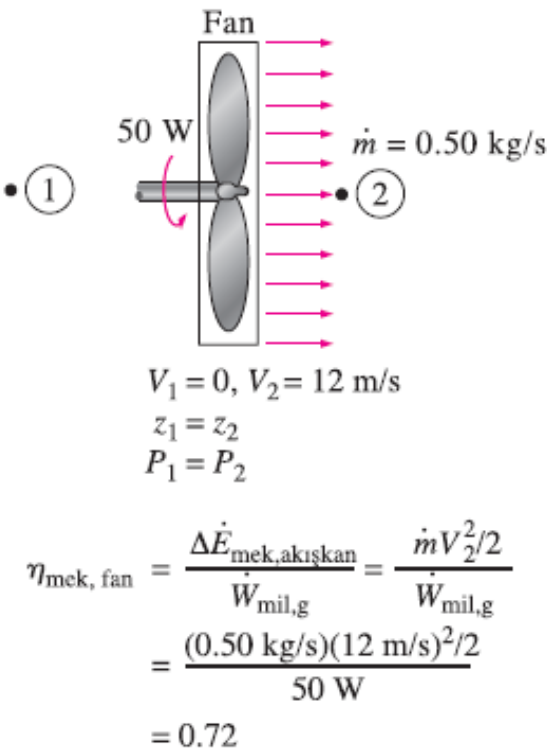
Verilen veya alınan mekanik güç ile akışkanın mekanik enerjisi arasındaki dönüşüm işleminin mükemmellik derecesi **pompa verimi** veya **türbin verimi** olarak tanımlanır.

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

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

$$\eta_{turbin} = \frac{\text{Alınan mekanik enerji}}{\text{Akışkanın mekanik enerjisindeki azaltma}} = \frac{\dot{W}_{mil, \text{ç}}}{|\Delta \dot{E}_{mek, \text{akış.}}|} = \frac{\dot{W}_{turbin}}{\dot{W}_{turbin, e}}$$

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



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

Motor:

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

Jeneratör:

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

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

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

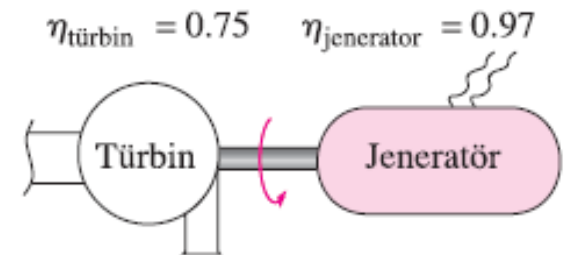
Türbin-jeneratör birleşiminin toplam verimi türbin verimi ile jeneratör veriminin çarpımıdır ve elde edilen elektrik enerjisinin akışkanın mekanik enerjisine oranını gösterir.

Motor verimi

Jeneratör verimi

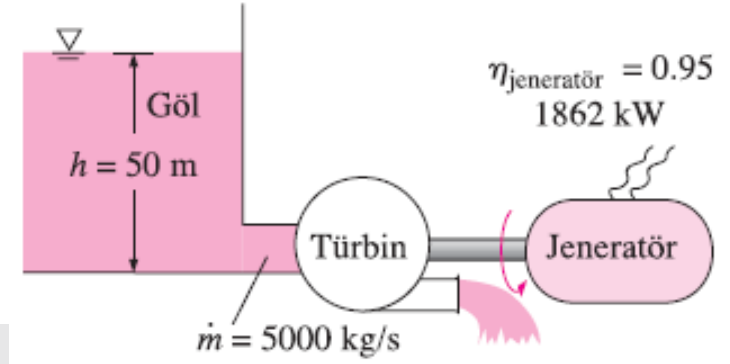
Pompa-motor verimi

Türbin-jeneratör verimi



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

Örnek: Bir Hidrolik Türbin-Jeneratör Grubunun Etkinliği
 Büyük bir göldeki su, Şekilde gösterildiği gibi su derinliğinin 50 m olduğu bir 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?



Analiz (a) Gölün alt seviyesi referans seviyesi olarak alınabilir. 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 türbin verimi bilindiği için türbin mekanik verimi kolayca hesaplanabilir.

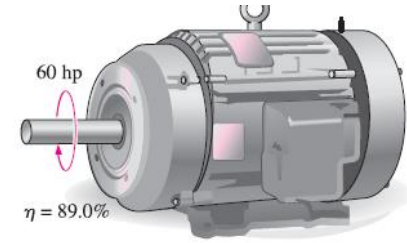
$$\eta_{\text{türbin-jen}} = \eta_{\text{türbin}} \eta_{\text{jeneratör}} \rightarrow \eta_{\text{türbin}} = \frac{\eta_{\text{türbin-jen}}}{\eta_{\text{jeneratör}}} = \frac{0.76}{0.95} = \mathbf{0.80}$$

(c) Mil gücü mekanik verimin tanımından hesaplanabilir.

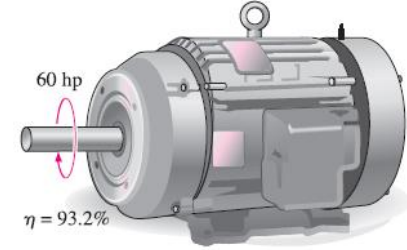
$$\dot{W}_{\text{mil, ç}} = \eta_{\text{türbin}} |\Delta \dot{E}_{\text{mek, akış.}}| = (0.80)(2455 \text{ kW}) = \mathbf{1964 \text{ kW}}$$

ÖRNEK 2-17 Yüksek Verimli Motorlar ile Maliyet Tasarrufu

Verimi yüzde 89 olan 60 hp gücündeki bir elektrik motorunun eskimesi sonucu yerine verimi yüzde 93.2 olan yüksek-verimli bir motor yerleştirilmiştir (Şekil 2-61). Motor yıl içerisinde tam yüklü olarak 3500 saat çalıştırılmaktadır. Elektriğin birim fiyatını \$0.08 / kW-saat olarak, 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 süresi hesaplanacaktır.



Standart Motor



Yüksek verimli Motor

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

$$\begin{aligned}\text{Enerji tasarrufu} &= (\text{Güç tasarrufu})(\text{Çalışma saati}) \\ &= (\text{Hesaplanmış güç})(\text{Çalışma saati})(\text{Yük faktörü}) (1/\eta_{\text{st}} - 1/\eta_{\text{ver.}}) \\ &= (60 \text{ hp})(0.7457 \text{ kW/hp})(3500 \text{ saat/yıl})(1)(1/0.89 - 1/0.93.2) \\ &= \mathbf{7929 \text{ kWsaat/yıl}}\end{aligned}$$

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

olarak bulunur. Ayrıca; kalan ilk yatırım maliyeti = fiyat farkı = 5160 – 4520 = 640 olarak bulunur.

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

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

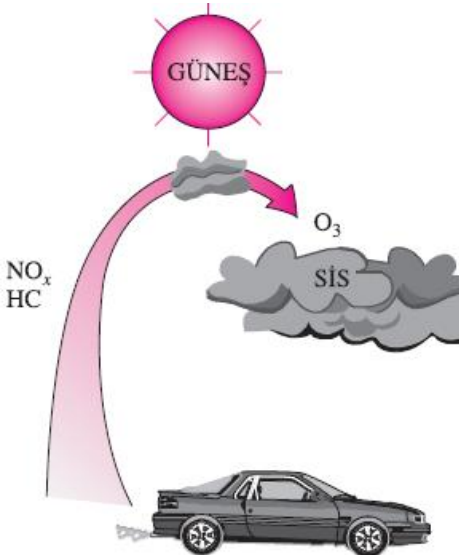


Araç motorları hava kirliliğinin önemli nedenlerindendir.

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.

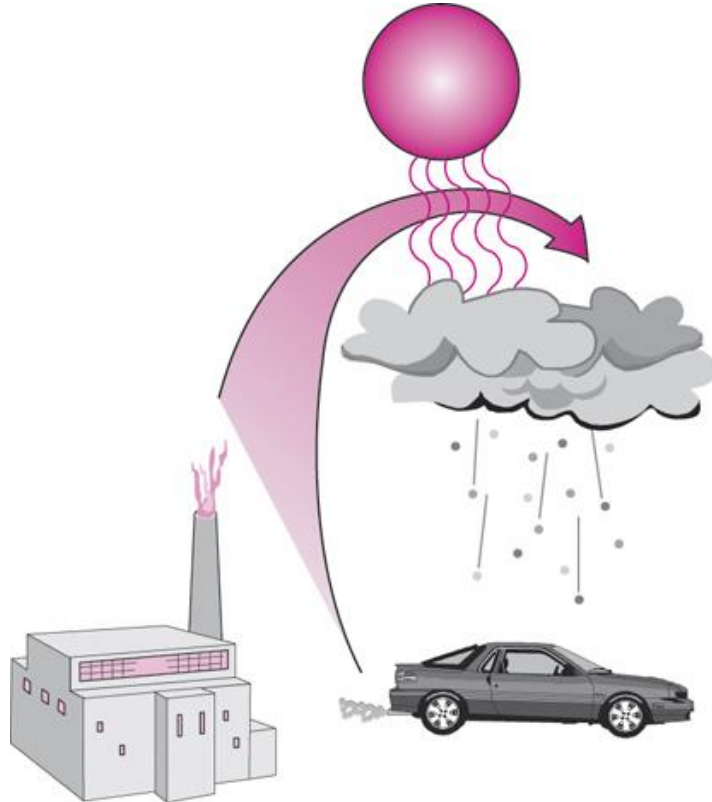


- Sis içerisindeki diğer ciddi kirlenici; renksiz, kokusuz ve zehirli bir gaz olan karbon monoksittir.
- Genellikle motorlu araçlardan bırakılırlar.
- Düşük seviyelerde, karbon monoksit beyine giden ve diğer organlar ve kasalardaki oksijen miktarında ve vücut reaksiyonları ile beraber reflekslerde azalmaya ve karar verme gücünde zayıflamaya neden olur.
- Sis ayrıca araçlar ve sanayilerden bırakılan toz ve kurum gibi küçük parçacıklarda içermektedir. Bu maddeler asit ve metal taşıdıkları için göz ve akciğerler için tahriş edicidir.

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 içerisindeki 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.

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.

Yeryüzündeki sera etkisi.

- ❑ **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.

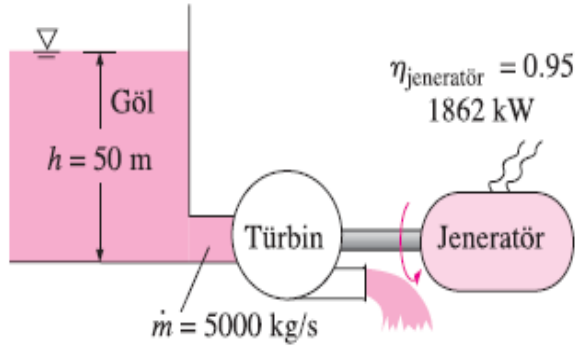


Ortalama bir araç her yıl kendi ağırlığının üzerende miktar CO2 üretmektedir (yılda 12000 mil yol giden araç, 600 galan benzin yakmakta ve her galon için 20 lbm CO2 üretmektedir).

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

Soru: Büyük bir göldeki su, şekilde gösterildiği gibi su derinliğinin 50 m olduğu bir 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;

- türbin-jeneratör grubunun toplam verimini,
- türbinin mekanik verimini,
- türbinden jeneratöre verilen mil gücünü hesaplayınız.



Analiz (a) Gölün alt seviyesi referans seviyesi olarak alınabilir. Suyun potansiyel ve kinetik enerjileri sıfırdır ve birim kütle için mekanik enerjideki değişim,

$$e_{mek,g} - e_{mek,\zeta} = g \cdot h - 0 = 9,81 \cdot 50 \cdot \left(\frac{1}{1000}\right) = 0,491 \frac{kJ}{kg}$$

$$|\dot{E}_{mek,akışkan}| = \dot{m} \cdot (e_{mek,g} - e_{mek,\zeta}) = 5000 \cdot 0,491 = 2455 \text{ kW}$$

$$\eta_{toplam} = \eta_{turbin-jen} = \frac{\dot{W}_{elek,\zeta}}{|\dot{E}_{mek,akışkan}|} = \frac{1862}{2455} = 0,76 \text{ (%76)}$$

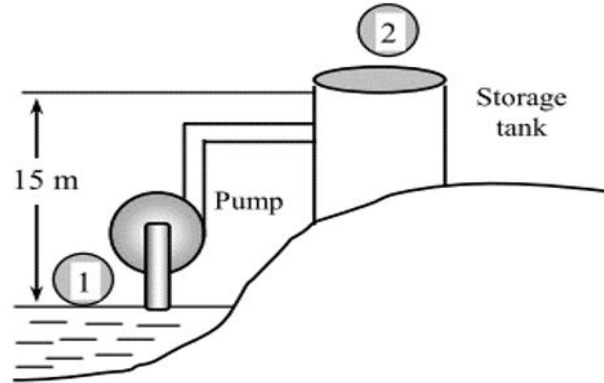
(b) Toplam verim ve türbin verimi bilindiği için türbin mekanik verimi kolayca hesaplanabilir.

$$\eta_{turbin-jen} = \eta_{turbin} \eta_{jen} \rightarrow \eta_{turbin} = \frac{\eta_{turbin-jen}}{\eta_{jeneratör}} = \frac{0,76}{0,95} = 0,80 \text{ (%80)}$$

(c) Mil gücü mekanik verimin tanımından hesaplanabilir.

$$\dot{W}_{mil,\zeta} = \eta_{turbin} |\dot{E}_{mek,akış}| = 0,80 \cdot 2455 = 1964 \text{ kW}$$

Soru: Bir gölden 15 m yukarıdaki su deposuna 70 L/s debi ile 15,4 kW harcanarak su basılmaktadır. Borulardaki sürtünme kayıplarını ve kinetik enerji değişimlerini göz ardı ederek; a) Pompa motor ünitesinin toplam verimini, b) Pompa giriş ve çıkışındaki basınç farkını hesaplayınız?



a) 1 ve 2 noktaları her ikisi de atmosfere açık ve kinetik enerji değişimi eşittir.

$$P_1 = P_2 = P_{atm}$$

$$ke_1 = ke_2 = 0$$

Akışkan kütleli debisi

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} = (1000 \text{ kg/m}^3) \cdot (0,07 \text{ m}^3/\text{s}) = 70 \text{ kg/s}$$

$$pe_2 = g \cdot z_2 = (9,81 \cdot 15) \cdot \frac{1}{1000} = 0,1472 \text{ kJ/kg}$$

Suyun mekanik enerjisindeki artış;

$$|\dot{\Delta E}_{mek,akış.}| = \dot{m}(e_{mek,\varsigma} - e_{mek,g}) = \dot{m}(pe_2 - 0) = \dot{m} \cdot pe_2 = 70 \cdot 0,142 = 10,3 \text{ kW}$$

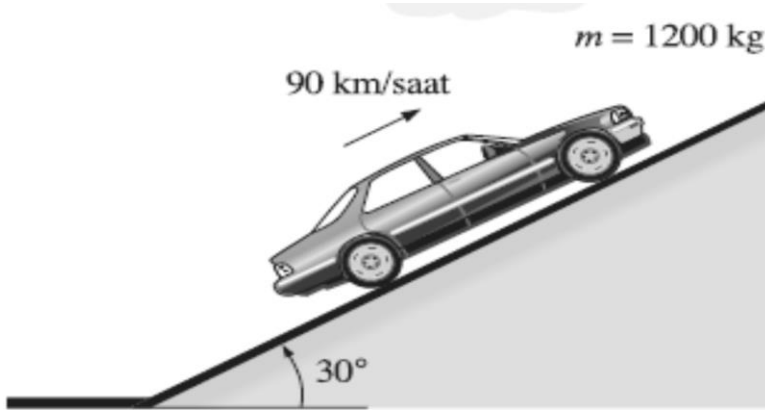
Pompa-motor grubu verimi:

$$\eta_{pompa-motor} = \frac{\dot{E}_{mek,akışkan}}{\dot{W}_{elek,g}} = \frac{10,3}{15,4} = 0,669 \text{ (\%66,9)}$$

b)

$$\dot{E}_{mek,akışkan} = \dot{m}(e_{mek,\zeta} - e_{mek,g}) = \dot{m} \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \dot{V} \cdot \Delta P$$
$$\Delta P = \frac{\dot{E}_{mek,akışkan}}{\dot{V}} = \frac{10,3}{0,070} = 147 \text{ kPa}$$

Soru: 1200 kg ağırlığındaki 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?

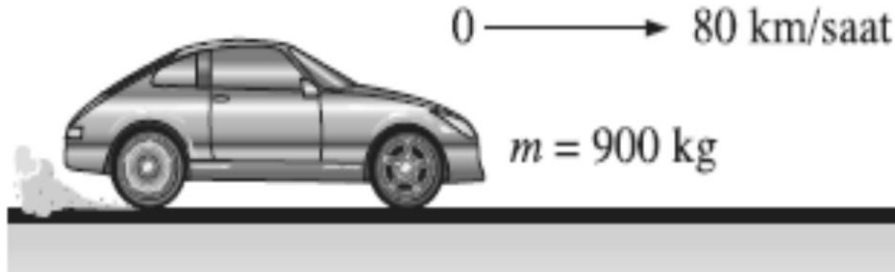


$$\dot{W}_g = m \cdot g \cdot \frac{\Delta z}{\Delta t} = m \cdot g \cdot V_{dikey}$$

$$\dot{W}_g = (1200 \text{ kg}) \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot \left(\frac{90000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}\right) \cdot \left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$\dot{W}_g = 147 \text{ kJ/s} = 147 \text{ kW (veya 197 hp)}$$

Soru: 900 kg ağırlığındaki bir otomobili, düz yolda 20 saniyede durma anından 80 km/saat hıza çıkarmak için gerekli gücü hesaplayınız?



$$W_i = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} (900) \left[\left(\frac{80000}{3600} \right)^2 - 0^2 \right] \cdot \frac{1}{1000} \\ = 222 \text{ kJ}$$

Ortalama güç;

$$\dot{W}_1 = \frac{W_i}{\Delta t} = \frac{222}{20} = 11,1 \text{ kW (veya 14,9 hp)}$$

Özet

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