

Bölüm 1

GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

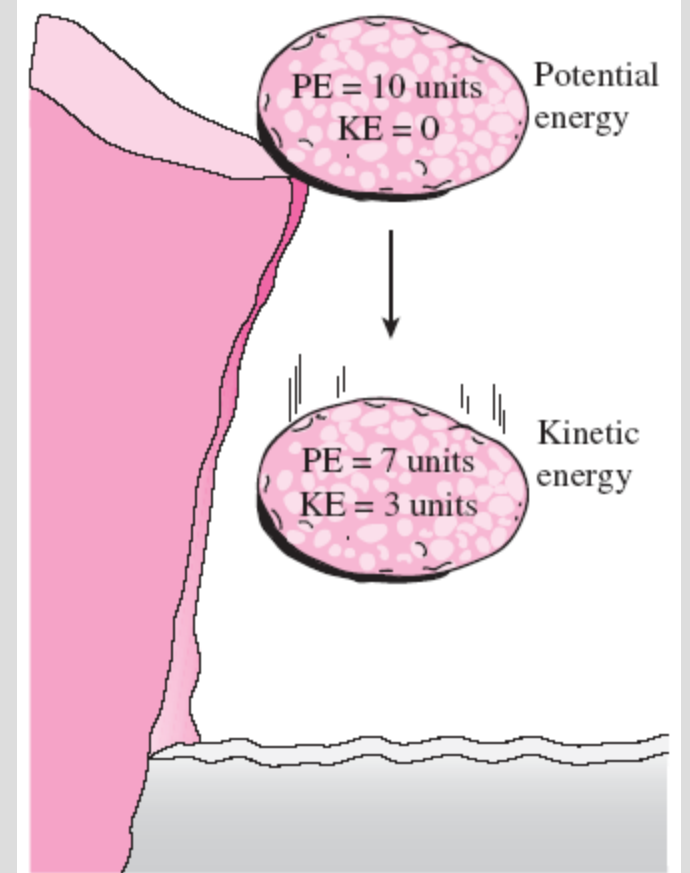
Ceyhun Yılmaz
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Amaçlar

- Temel termodinamik kavramlar. Sıcaklık, sıcaklık ölçeği, basınç ile mutlak ve gösterge basınç kavramlarının incelenmesi.
- Soğutmanın tarihçesi.
- Soğutma sistemleri:
 - Buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri
 - Absorpsiyonlu soğutma sistemleri
 - Adsorpsiyonlu soğutma sistemleri
 - Buhar- jet (Ejektör) soğutma sistemleri
 - Termoelektrik soğutma
 - Votrex tüpü
 - Sterling çevrimi
- Sistematik problem çözme tekniğinin tanıtılması.

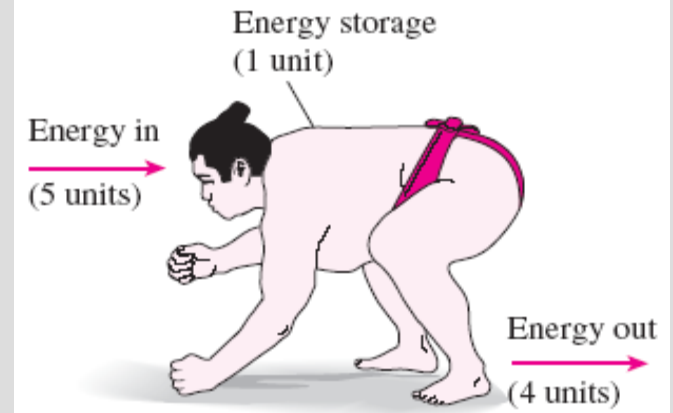
TERMODİNAMİK VE ENERJİ

- **Termodinamik:** Enerjinin bilimi.
- **Enerji:** Değişikliklere sebep olma yeteneği.
- Termodinamik sözcüğü, Latince therme (ısı) ile dynamis (güç) sözcüklerinden türemiştir.
- **Enerjinin korunumu prensibi:** Bir etkileşim esnasında, enerji, bir formdan başka bir forma dönüşebilir, ama enerjinin toplam miktarı, sabit kalır.
- Enerji yaratılamaz veya yok edilemez.
- **Termodinamiğin birinci yasası:** Enerjinin korunumu ilkesini ifade eder.
- Birinci yasa enerjinin termodinamikle ilgili bir özellik olduğunu öne sürer.

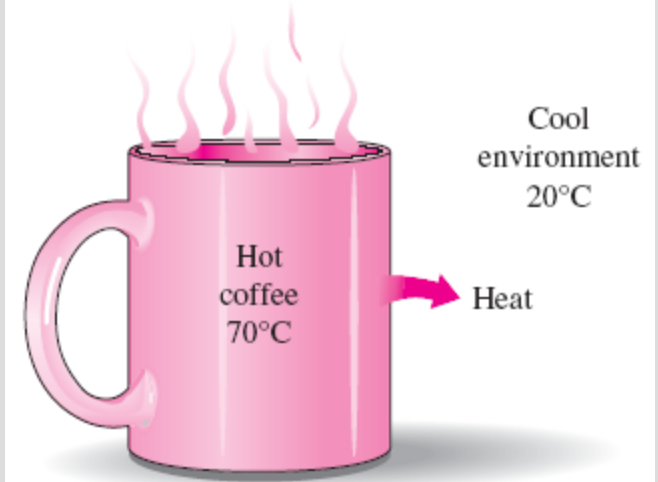


Enerji var veya yok edilemez sadece biçim değiştirebilir (1. kanun)

- **Termodinamiğin ikinci yasası:** Enerjinin niceliğinin (miktarının) yanın da niteliğinin (kalitesinin) de dikkate alınması gerektiği üzerinde durur ve doğadaki değişimlerin enerjinin niteliğinin azaldığı yönde gerçekleştiğini belirtir.
- **Klasik Termodinamik:** Her bir parçacığın davranışının bilinmesine gerek duyulmadan, termodinamik ile ilgili çalışmaların makroskopik olarak ele alınması yaklaşımına denir.
- Mühendislik problemlerinin çözümü için doğrudan ve kolay bir yöntem oluşturur
- **İstatiksel termodinamik:** Tek tek parçacıkların oluşturdukları büyük kümelerin ortak davranışlarını göz önüne alır.
- Bu bölümde konuya destek olması amacıyla kullanılacaktır.



İnsan vücudu için enerjinin korunumu ilkesi.



Isı geçişi sıcaklığın azaldığı yöne doğru olur.

Termodinamiğin Uygulama Alanları

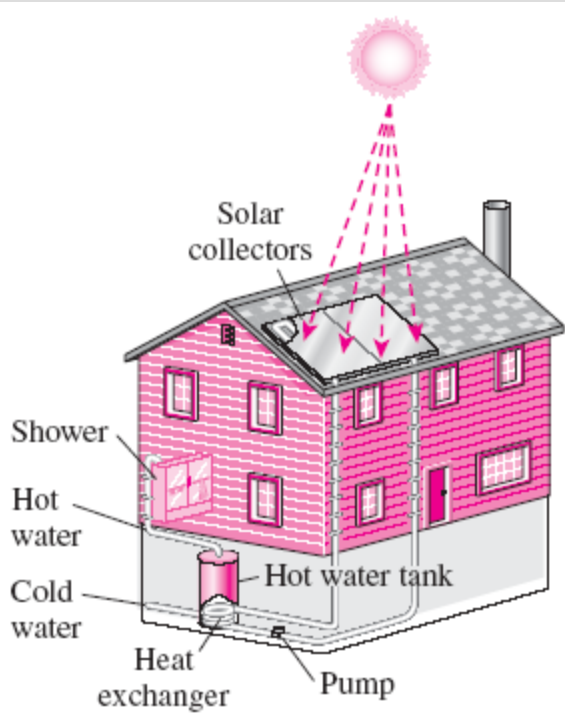


FIGURE 1-4

The design of many engineering systems, such as this solar hot water system, involves thermodynamics.



Refrigeration systems



Boats



Aircraft and spacecraft



Power plants

All activities in nature involve some interaction between energy and matter; thus, it is hard to imagine an area that does not relate to thermodynamics in some manner.



Human body



Cars



Wind turbines



Air conditioning systems



Industrial applications

SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ

- **Özellik:** Herhangi bir sistemin karakteristiği.
- Bazı özellikler basınç P , sıcaklık T , hacim V ve kütle m 'dir.
- Özellikler ya *yeğın* ya da *yaygın* olarak dikkate alınırlar.
- **Yeğın özellikler:** Sıcaklık, basınç, yoğunluk gibi sistemin kütlesinden bağımsızdırlar.
- **Yaygın özellikler:** Sistemin kütlesiyle (büyüklüğü) orantılıdırlar.
- **Özgül özellikler:** Birim kütle için yaygın özellikler özgül ön eki ile ifade edilir.

$$(v = V/m)$$

$$(e = E/m)$$

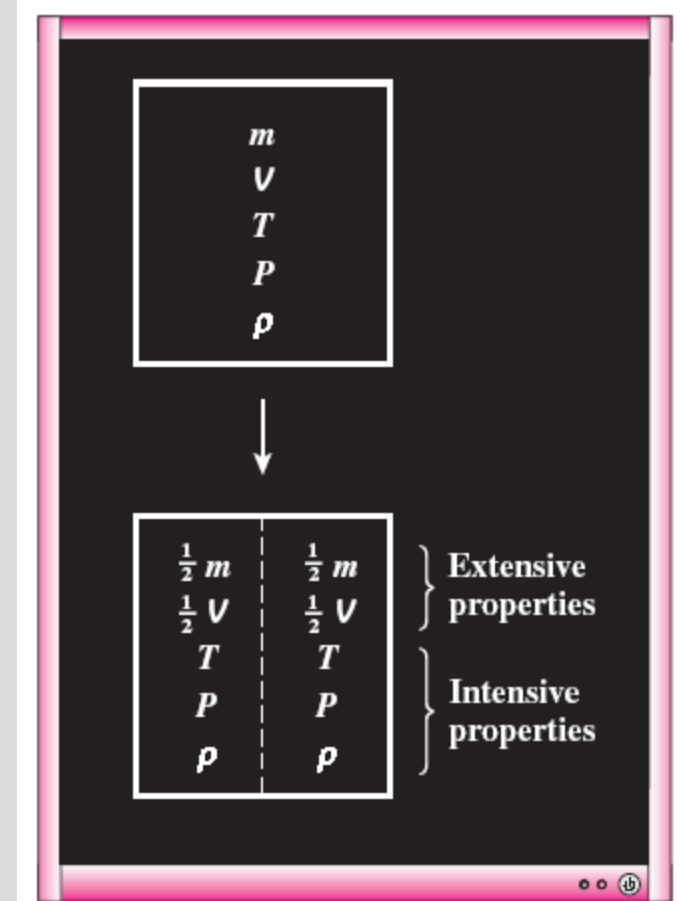


FIGURE 1-24

Criterion to differentiate intensive and extensive properties.

YOĞUNLUK VE ÖZGÜL AĞIRLIK

Yoğunluk

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Özgül hacim

$$\nu = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

Özgül (Bağıl) yoğunluk:

Maddenin yoğunluğunun standart bir maddenin belirli bir sıcaklıktaki (genellikle 4 °C sıcaklıktaki suyun yoğunluğu) yoğunluğuna oranı.

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Özgül ağırlık: Bir maddenin birim hacminin ağırlığına denir.

$$\gamma_s = \rho g \quad (\text{N/m}^3)$$

Yoğunluk birim hacimdeki kütle, özgül hacim ise birim kütledeki hacimdir.

$$V = 12 \text{ m}^3$$
$$m = 3 \text{ kg}$$



$$\rho = 0.25 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = \frac{1}{\rho} = 4 \text{ m}^3/\text{kg}$$

TABLO 1-3

Bazı maddelerin 0°C'de özgül ağırlıkları

Madde	SG
Su	1.0
Kan	1.05
Deniz suyu	1.025
Gaz	0.7
Etil alkol	0.79
Civa	13.6
Odun	0.3-0.9
Altın	19.2
Kemik	1.7-2.0
Buz	0.92
Hava (1 atm'de)	0.0013

BOYUTLAR VE BİRİMLERİN ÖNEMİ

- Herhangi bir fiziksel büyüklük boyutları ile nitelenir.
- Boyutlara atanan büyüklükler birimlerle ifade edilir.
- Kütle m, uzunluk L, zaman t ve sıcaklık T gibi bazı temel boyutlar birincil veya esas boyutlar olarak seçilmişlerdir. Hız V, enerji E ve hacim V gibi bazı boyutlar ise ana boyutlar kullanılarak ifade edilir ve ikincil boyutlar veya türetilmiş boyutlar diye adlandırılır.
- Metrik SI sistemi: Değişik birimlerin kendi aralarında onlu sisteme göre düzenlendiği, basit ve mantıklı bir sistemdir.
- İngiliz sistemi: Birimler arasındaki ilişkiler düzenli bir yapıda değildir ve sistemdeki birimler birbirleri ile biraz keyfi olarak ilişkilendirilmiştir.

TABLO 1-1

Yedi ana boyut ve SI birimleri

Boyut	Birim
Uzunluk	metre (m)
Kütle	kilogram(kg)
Zaman	saniye (s)
Sıcaklık	kelvin (K)
Elektrik akımı	amper (A)
Işık şiddeti	candel (cd)
Madde miktarı	mol (mol)

TABLO 1-2

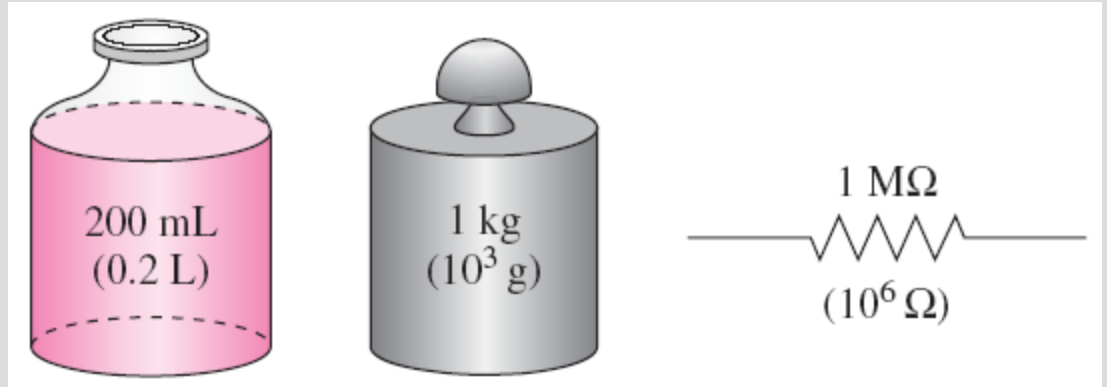
SI birimindeki standart önekler

10'un katı	ön ek
10^{12}	tera, T
10^9	giga, G
10^6	mega, M
10^3	kilo, k
10^2	hekto, h
10^1	deka, da
10^{-1}	desi, d
10^{-2}	santi, c
10^{-3}	milli, m
10^{-6}	mikro, μ
10^{-9}	nano, n
10^{-12}	piko, p

Bazı SI ve İngiliz Birimleri

$$1 \text{ lbm} = 0.45359 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$



$$\text{Force} = (\text{Mass})(\text{Acceleration})$$

$$F = ma$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

$$1 \text{ lbf} = 32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft}/\text{s}^2$$

$$\text{Work} = \text{Force} \times \text{Distance}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 1.0551 \text{ kJ}$$

SI birim sistemindeki örnekler bütün mühendislik dallarında kullanılır.

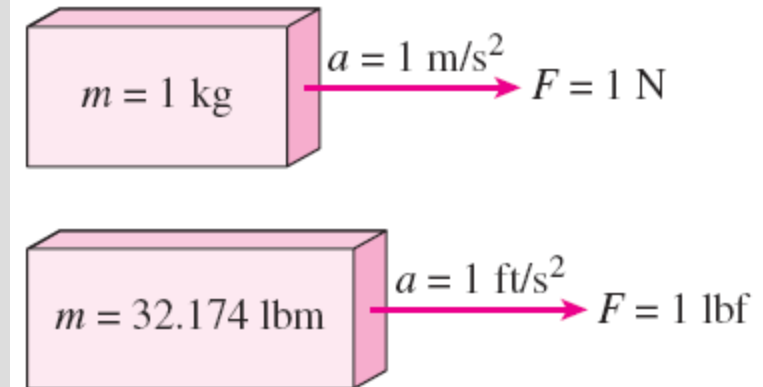
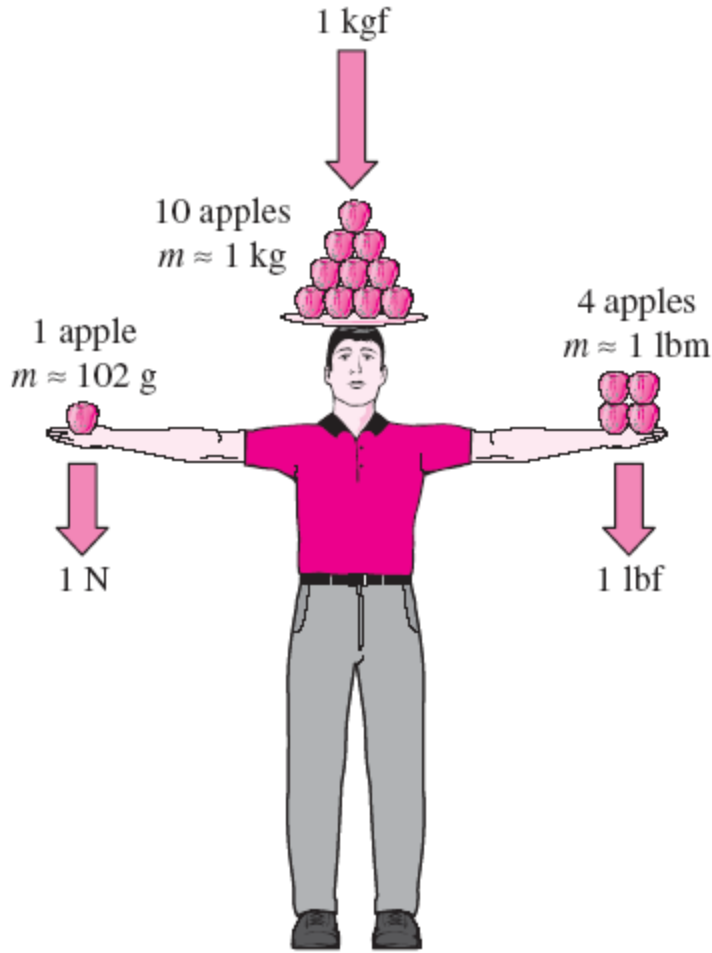


FIGURE 1-7

Kuvvet birimlerinin tanımı.



Göreceli kuvvetin büyüklükleri (N) newtonun olduğu birimler, kilogram-kuvvet (Kgf), ve (Lbf) libre-kuvvet.



Dünyada 750 N ağırlığa sahip olan bir kişi ayda sadece 125 N gelir.

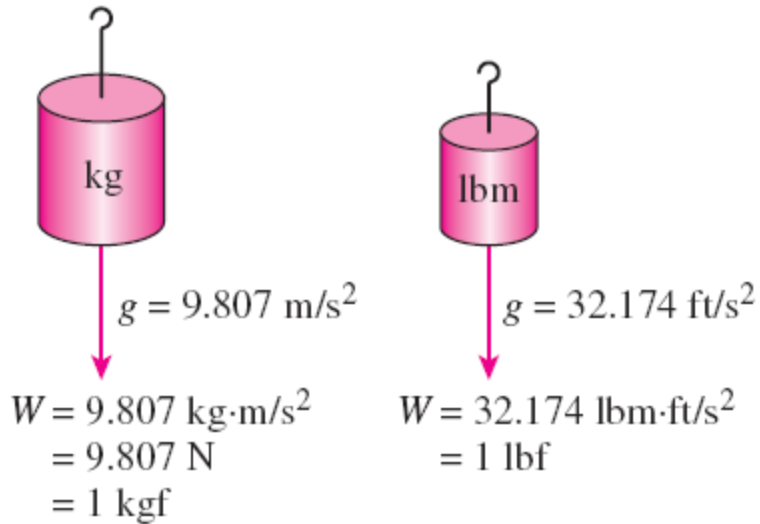
$$W = mg \quad (\text{N})$$

W Ağırlık

m kütle

g Yerçekimi

ivmesi



Bir birim kütlenin deniz seviyesindeki ağırlığı.

Specific weight γ : The weight of a unit volume of a substance.

$$\gamma = \rho g$$

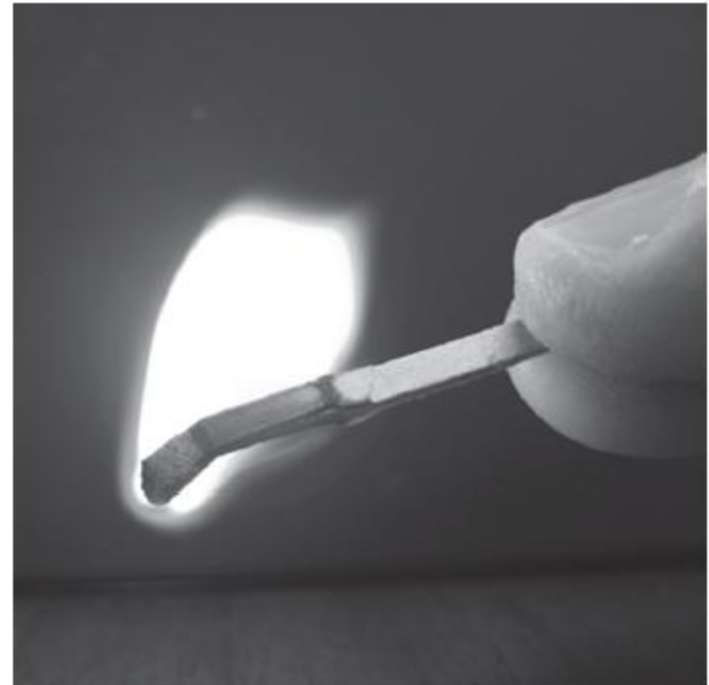


FIGURE 1-11

A typical match yields about one Btu (or one kJ) of energy if completely burned.

Why are SI units most widely used throughout the world?

Boyutların türdeşliği

Mühendislik problemlerinde tüm denklemler boyutsal olarak türdeş olması zorunludur.

Teklik dönüşüm oranları

Esas birimlerin kombinasyonları ile tüm türetilmiş birimler (ikincil birimler) oluşturulabilir.

Örnek olarak kuvvet birimi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir

$$N = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{and} \quad \text{lbf} = 32.174 \text{ lbm} \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

Bunlar aynı zamanda kullanımı daha kolay olan, teklik dönüşüm oranları şeklinde de tarif edilebilirler

$$\frac{N}{\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2} = 1 \quad \text{and} \quad \frac{\text{lbf}}{32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft}/\text{s}^2} = 1$$

Teklik dönüşüm oranları benzer şekilde 1'e eşittirler ve birimsizlerdir. Bu yüzden söz konusu oranlar (veya tersleri) birimlerin düzgün bir şekilde dönüştürülmesi için herhangi bir hesaplama işleminin içine yerleştirilebilirler.



Boyutların uyuşması için bir denklemden tüm terimlerin birimleri aynı olmalıdır.

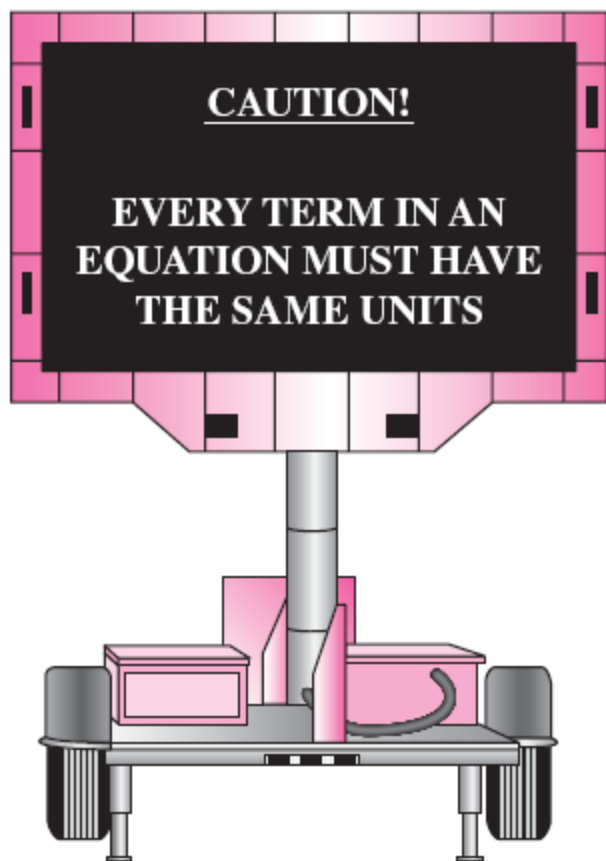


FIGURE 1-15

Always check the units in your calculations.

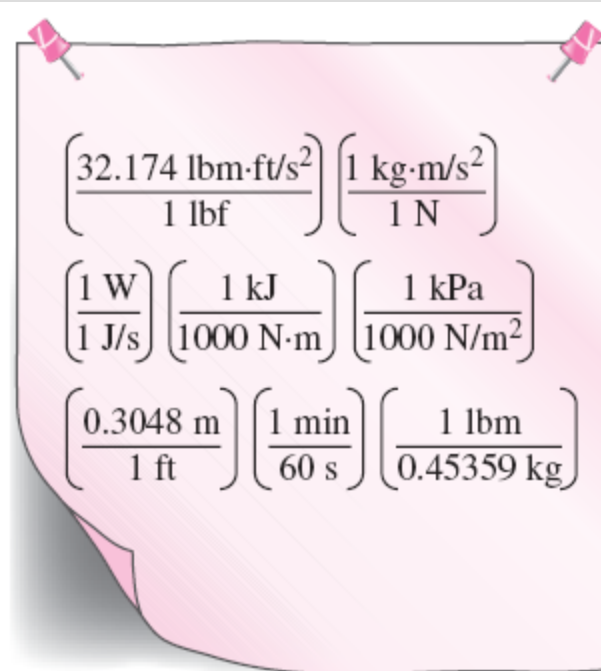


FIGURE 1-16

Every unity conversion ratio (as well as its inverse) is exactly equal to one. Shown here are a few commonly used unity conversion ratios.

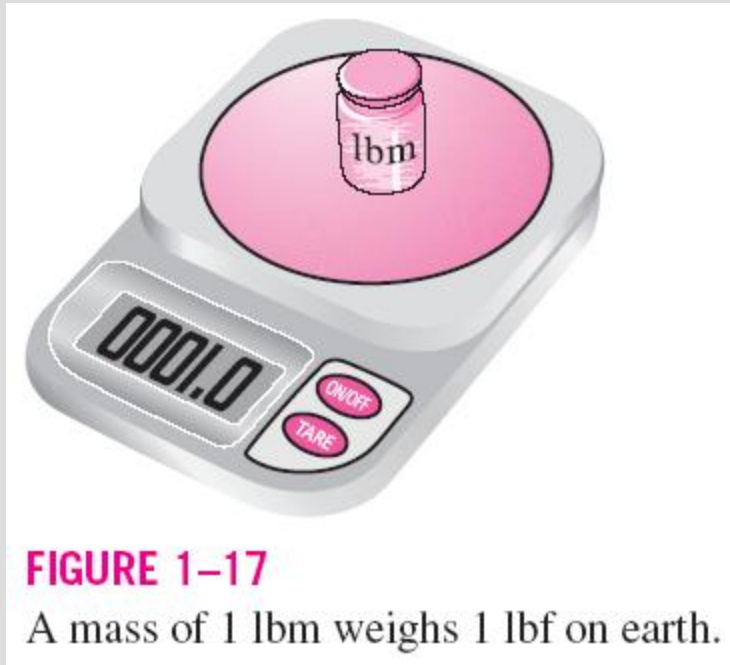


FIGURE 1-17

A mass of 1 lbm weighs 1 lbf on earth.

What is the difference between mass and weight?



FIGURE 1-18

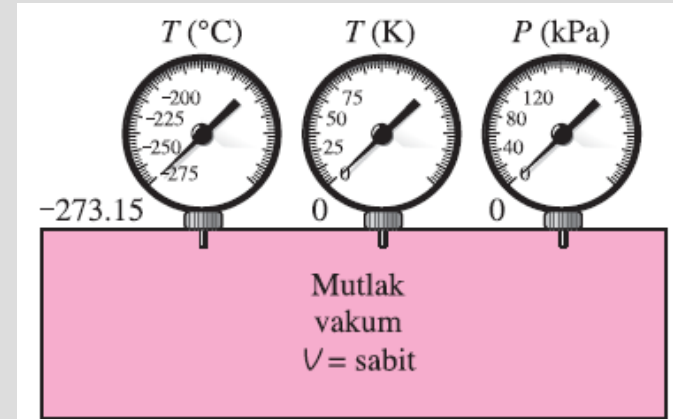
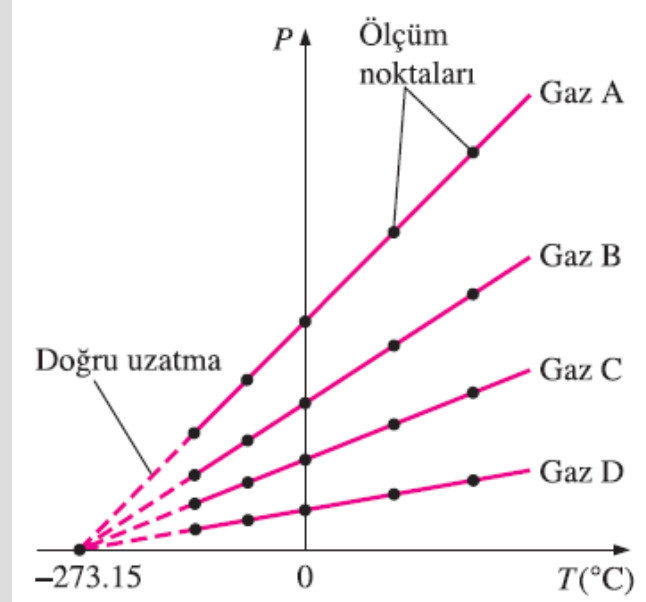
A quirk in the metric system of units.

$$W = mg = (453.6 \text{ g})(9.81 \text{ m/s}^2) \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 4.49 \text{ N}$$

Sıcaklık Ölçekleri

- Tüm sıcaklık ölçekleri suyun *donma* ve *kaynama* noktaları gibi, kolayca elde edilebilir hallere dayanır.
- **Buz noktası:** Bir atmosfer basıncındaki buharla doymuş hava ile su-buz karışımının denge halinde bulunması buz noktasında gerçekleşir.
- **Buhar noktası:** bir atmosfer basıncındaki su buharı (hava olmaksızın) ile sıvı halindeki su karışımı dengededir.
- **Celcius ölçeği:** SI birim sisteminde
- **Fahrenheit ölçeği:** İngiliz birim sisteminde
- **Termodinamik sıcaklık ölçeği:** herhangi bir madde veya maddelerin özelliklerinden bağımsız bir sıcaklık ölçeğine denir.
- **Kelvin ölçeği (SI) Rankine ölçeği (E)**
- Kelvin ölçeği ile hemen hemen aynı olacak şekilde oluşturulan bir sıcaklık ölçeği de **ideal gaz sıcaklık ölçeğidir**. Bu ölçekte sıcaklıklar **sabit hacimli gaz termometresi** ile ölçülür.

Farklı fakat düşük basınçlarda dört ayrı gaz kullanan sabit hacimli gaz termometresi ile elde edilen deneysel ölçümlerin P - V eğrileri.



Sabit hacim gaz termometresi mutlak sıfır basıncıta - 273.15 °C değerini gösterir.

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

$$T(\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 459.67$$

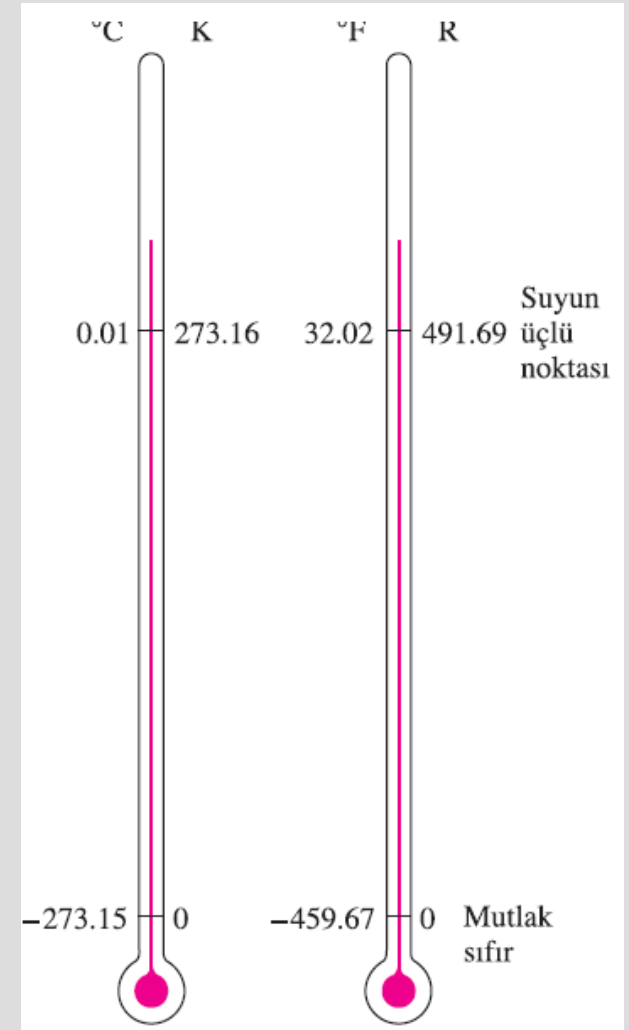
$$T(\text{R}) = 1.8T(\text{K})$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta T(\text{R}) = \Delta T(^{\circ}\text{F})$$

Sıcaklık
ölçeklerinin
karşılaştırılması.



1 K 1°C 1.8 R 1.8°F

Değişik sıcaklık
birimlerinin
büyüklüklerinin
karşılaştırılması.

- Orijinal Kelvin ölçeğinde referans noktası **buz noktasıydı**, ve bu nokta suyun donma (veya buzun erime) sıcaklığı 273.15 K'di.
- Referans noktası olarak **suyun üçlü noktasının** sıcaklığının 273.16 K olması tayin edilmiştir.

BASINÇ

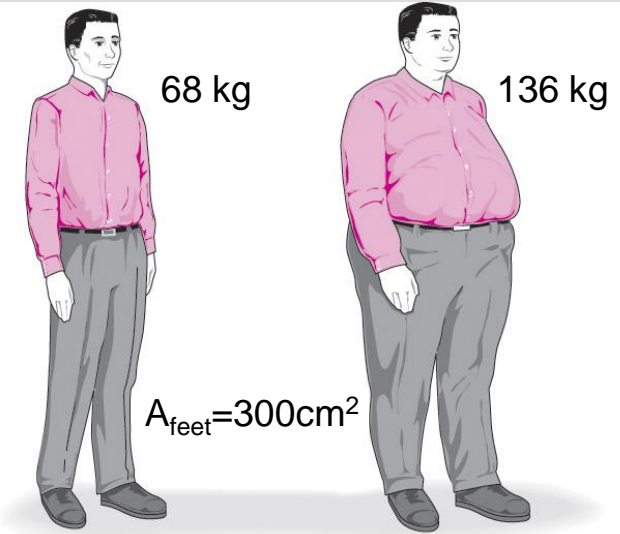
Pressure: bir akışkanın birim alana uyguladığı kuvvet

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bars}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf/cm}^2 &= 9.807 \text{ N/cm}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ N/m}^2 = 9.807 \times 10^4 \text{ Pa} \\ &= 0.9807 \text{ bar} \\ &= 0.9679 \text{ atm} \end{aligned}$$



$A_{\text{feet}}=300\text{cm}^2$

↑↑↑↑
0.23 kgf/cm²

↑↑↑↑
0.46 kgf/cm²

$$P=68/300=0.23 \text{ kgf/cm}^2$$

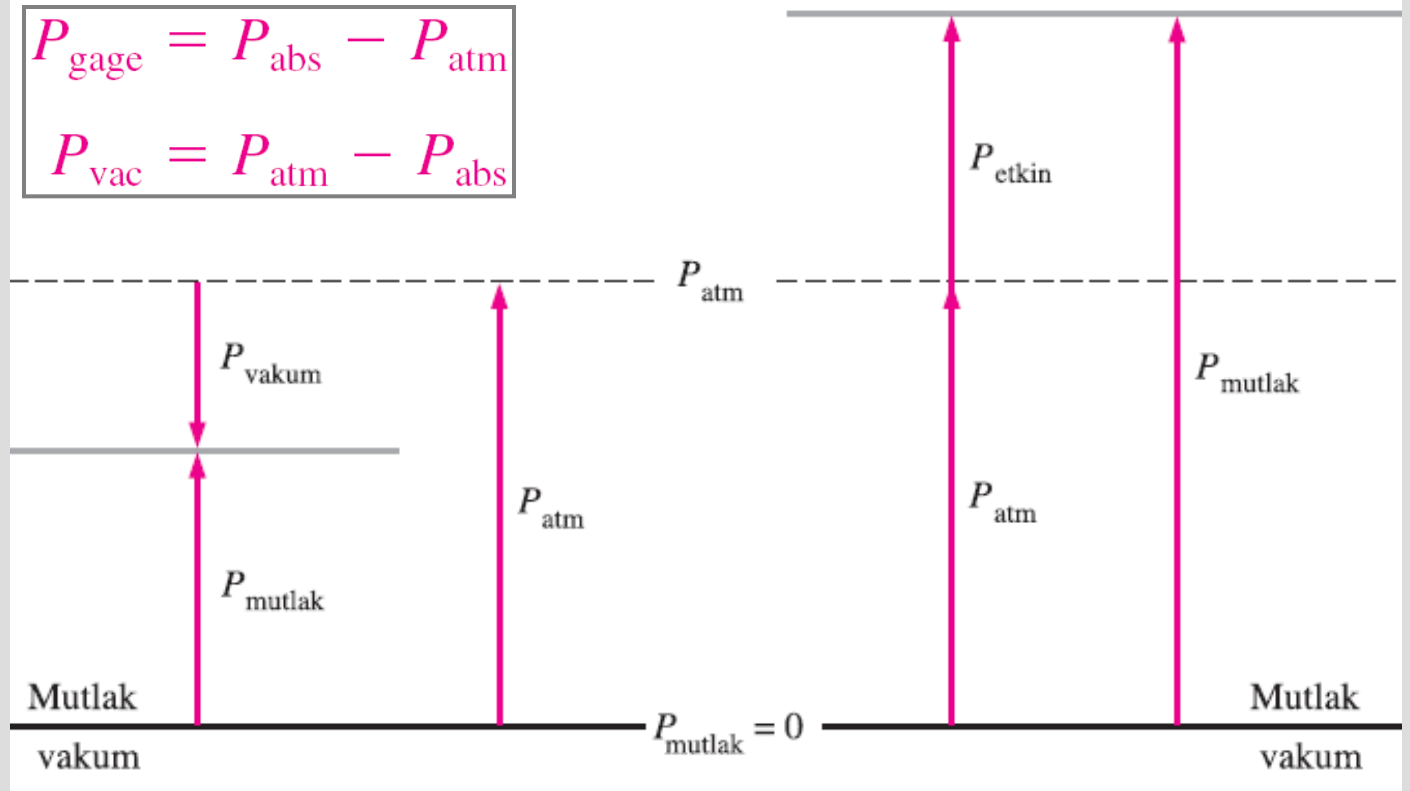
Kilolu birinin ayakları üzerindeki normal gerilme (ya da "basınç") zayıf birininkinden çok daha fazladır.



Bazı etkin basınç ölçüm cihazları.

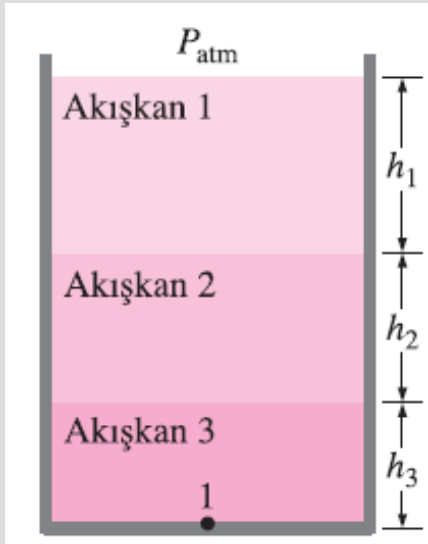
- **Mutlak basınç:** Verilen bir konumdaki gerçek basınca mutlak basınç denir ve mutlak vakuma (yani mutlak sıfır basınca) göre ölçülür.
- **Etkin basınç:** Mutlak basınçla yerel atmosferik basınç arasındaki farktır. Bununla birlikte çoğu basınç ölçme cihazları atmosferde sıfıra kalibre edilir. Dolayısıyla bu cihazlar mutlak basınç ile yerel atmosferik basınç arasındaki farkı gösterir. Bu farka etkin basınçtır.
- **Vakum basıncı:** Atmosferik basıncın altındaki basınçlar

Bu yazıda aksi belirtilmedikçe P **mutlak basıncı** göstermek için kullanılacaktır.



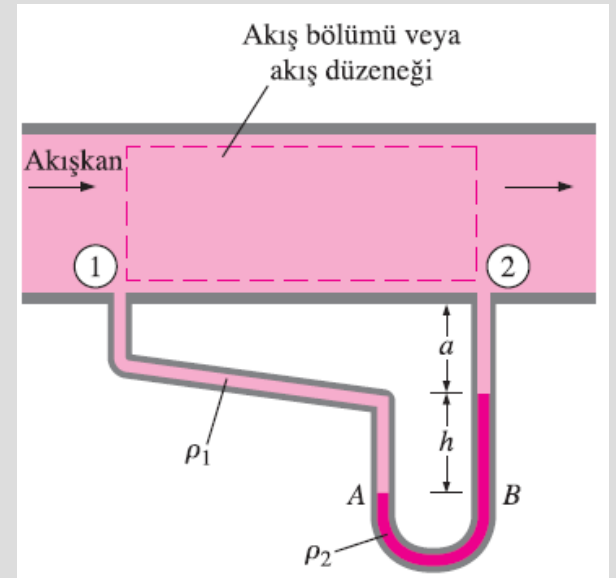
Manometre

Manometreler küçük ve orta ölçekteki basınç farklarını ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir manometre temelde, civa, su, alkol veya yağ gibi içerisinde bir veya daha fazla akışkan bulunan cam ya da plastik bir U borusundan oluşur.



$$P_{atm} + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 = P_1$$

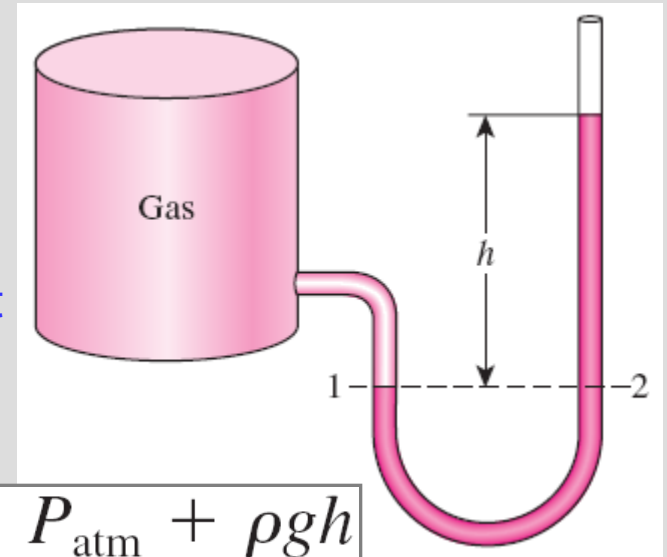
Bir akış bölümü veya akış düzeneği boyunca gerçekleşen basınç düşüşünün diferansiyel manometre ile ölçülmesi



$$P_1 + \rho_1 g (a + h) - \rho_2 g h - \rho_1 g a = P_2$$

$$P_1 - P_2 = (\rho_2 - \rho_1) g h$$

Basit manometre.

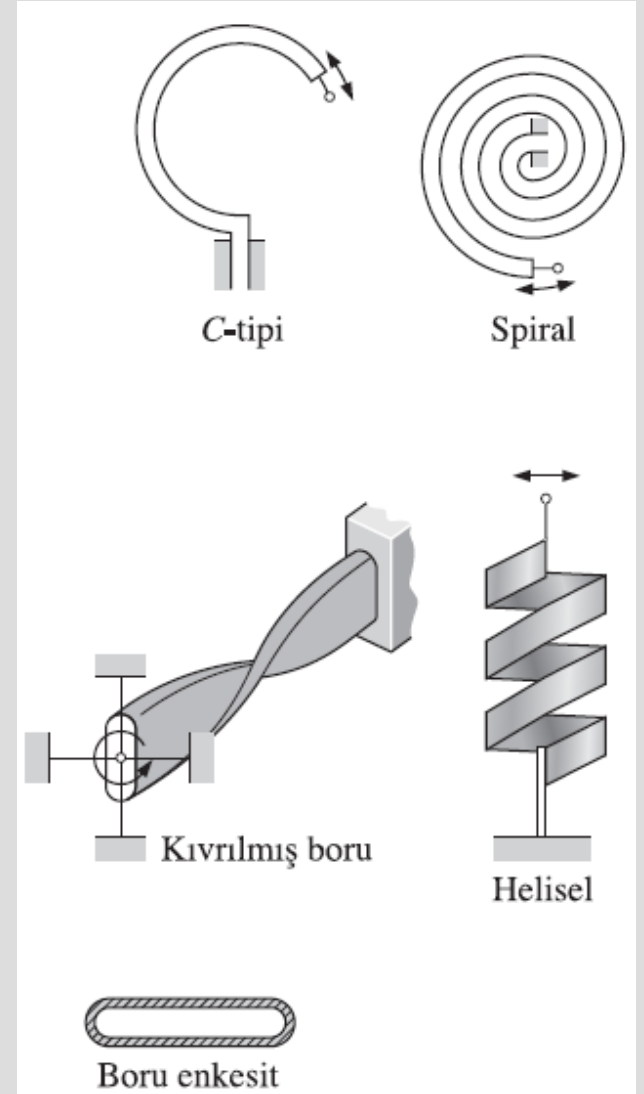


$$P_2 = P_{atm} + \rho g h$$

Diğer Basınç Ölçme Cihazları

- **Bourdon borusu:** Bu cihaz, ucu kapalı ve bir kadran gösterge iğnesine bağlı bulunan kanca şeklinde bükülmüş bir metal boru halkasından oluşur.
- **Basınç dönüştürücüler:** Basınç etkisini gerilim, direnç veya sığadaki (kapasitans) bir değişim şeklinde elektriksel etkiye dönüştürmek için çeşitli teknikler kullanır.
- Basınç dönüştürücüler küçük ve hızlıdır. Buna ek olarak mekanik olanlara kıyasla daha duyarlı, daha güvenilir ve daha hassas olabilirler.
- **Etkin basınç dönüştürücüleri:** Basınç algılama diyaframının arka yüzünü atmosfere açık tutarak atmosferik basıncı bir referans olarak kullanır.
- **Piezoelektrik dönüştürücüler:** Katı-hal basınç dönüştürücüler olarak da adlandırılırlar. Mekanik basınca maruz kaldığında kristal bir madde içerisinde elektriksel potansiyel meydana gelmesi ilkesine göre çalışır.

Basınç ölçmede kullanılan değişik tiplerdeki Bourdon boruları



BAROMETRE VE ATMOSFERİK BASINÇ

Atmosferik basınç *barometre* denen bir cihazla ölçülür ve bu yüzden atmosferik basınç için genellikle *barometrik basınç* deyimi kullanılır. Sıkça kullanılan bir başka basınç birimi de, standart yerçekimi ivmesi ($g = 9.807 \text{ m/s}^2$) altında, 0°C 'deki 760 mm civa sütununun ($\rho_{\text{Hg}} = 13,595 \text{ kg/m}^3$) tabanına yaptığı basınç olan *standart atmosferik* basınçtır.

$$P_{\text{atm}} = \rho gh$$

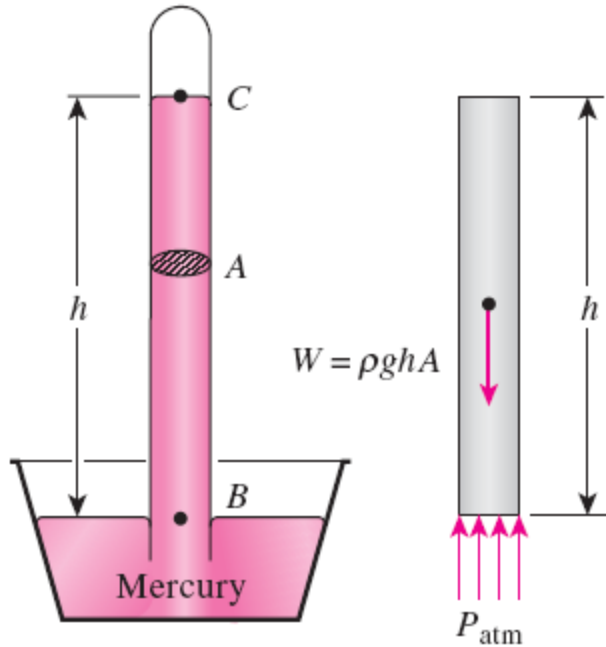
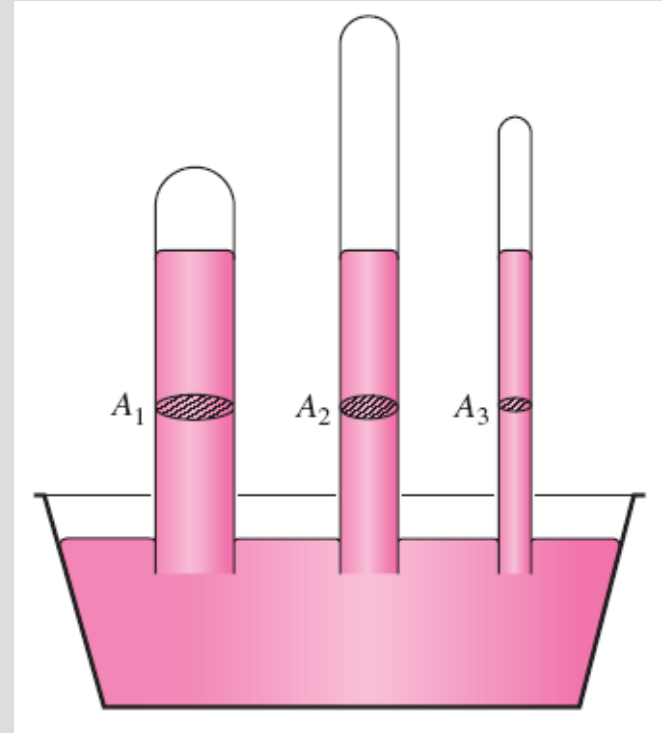


FIGURE 1-55

The basic barometer.

Yüzey gerilimi (kılcallık) etkilerine yol açmayacak kadar büyük olması kaydıyla boru çapının, boru uzunluğunun veya enkesitinin borudaki akışkan sütunu yüksekliğine etkisi yoktur.

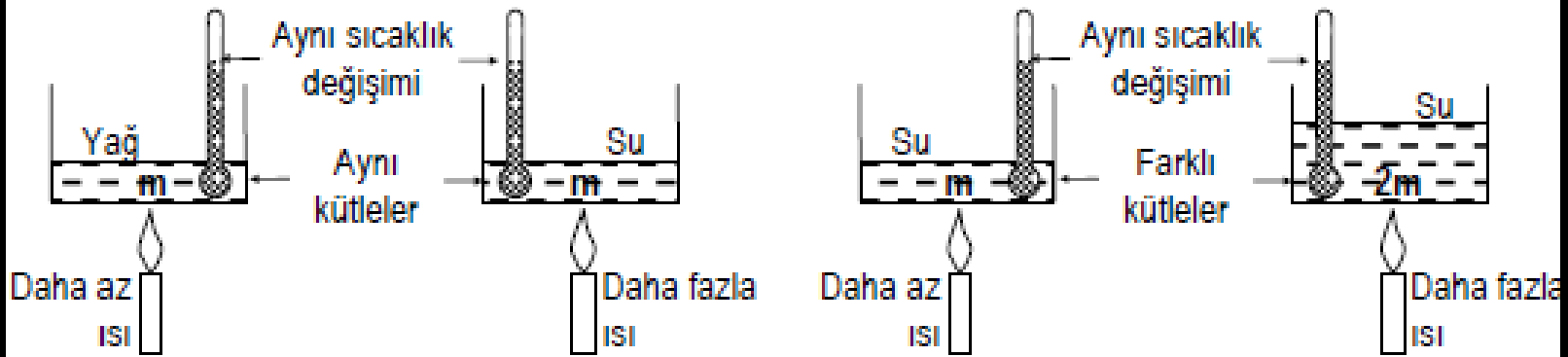


ISI

- Isı bir enerji çeşididir. Isı enerjisi maddeleri meydana getiren moleküllerin hareket etmelerinden dolayı açığa çıkan enerjidir. Bir cismin ısı, moleküllerinin hareket enerjisi ile oluşur. Diğer bir deyişle ısı bir moleküler harekettir. Katı bir maddeye ısı ilave edildiği sürece sıcaklığı artmaya devam eder, taki sıvı hale dönmeye başlayıncaya kadar. Maddə tamamen sıvı hale dönüşüncəye kadar sıcaklık artmaz. Sıvı haldeki maddeye ısı verilmeye devam edilirse sıcaklık kaynama noktasına kadar artacaktır. Isı, sıcaklık farkından dolayı meydana gelen enerji çeşidi olarak tanımlanır.
- **Isı miktarı:** Soğutmacılıkta Kcal, BTU ve Joule birimleri ile ısı miktarları belirlenmektedir.
 - Kcal: +14,5°C deki 1 kg suyun sıcaklığını 1 °C artırmak için ilave edilmesi gereken ısı miktarıdır.
 - BTU: 1 libre ağırlığındaki suyun sıcaklığını 1 °F yükseltmek için ilave edilmesi gereken ısı miktarıdır.
- 1Joule = 0.24 cal
- 1BTU = 0.252 Kcal
- 1 Kcal = 3.96 BTU

ISI MİKTARI VE CİSİMLERİN ÖZGÜL ISI KAPASİTELERİ

- Aşağıdaki soldaki şekilde kütleleri aynı, Q_1 sıcaklığında yağ ve suyu izole ile edilmiş kaplarda aynı sıcaklığa ulaştırmak için suya daha fazla ısı vermek gerekecektir. Bu da gösterir ki su, yağa nispeten daha fazla ısı emme kapasitesine sahiptir. Isı miktarı maddenin kütlesi, ısınma ısısı ve sıcaklıktaki değişimin çarpılmasıyla hesaplanır. Q değerinin (-) çıkması maddeden ısı çekildiğini gösterir. Sağdaki şekilde ise kütleleri farklı olan izole edilmiş kaplarda iki türdeş sıvıyı aynı sıcaklığa ulaştırmak için $2m$ kütleli sıvıya daha fazla ısı vermek gerekecektir.



ISI MİKTARI VE CİSİMLERİN ÖZGÜL ISI KAPASİTELERİ

■ $Q = m \cdot C_p (T_2 - T_1)$

- Q = Gereken ısı miktarı (Jule)
- m = Cisim kütlesi (kg)
- C_p = Cismin özgül ısı kapasitesi (J/kg °K veya J/kg °C)
- T_1 = İlk sıcaklık (°K veya °C)
- T_2 = Son sıcaklık (°K veya °C)

■ **Özgül Isı (Isınma ısısı)**

- 1 kg kütlesindeki bir cismin sıcaklığını 1°C veya 1°K artırmak için gerekli ısı miktarıdır. Basınç, hacim ve sıcaklık şartlarına göre değişir. Akışkanlarda sıcaklık farkı olması durumunda özgül ısı tablolarından bulunur. Tüm cisimlerin değişen sıcaklık değerlerine göre özgül ısı kapasiteleri bir miktar değişir. Örneğin 0°C' de suyun özgül ısı kapasitesi 4217 J/kg °C ve 20°C' de suyun özgül ısı kapasitesi 4182 J/kg °C'dir.

ISI MİKTARI VE CİSİMLERİN ÖZGÜL ISI KAPASİTELERİ

■ Örnek Problem 1.

- 20°C deki 2 kg suyu 100°C sıcaklığa ulaştırmak için gereken ısı miktarını bulunuz? Su için $C_p=4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$ 'dir

$$\square Q=m.C_p.(T_2-T_1) \quad \rightarrow \quad Q=2 \times 4200 \times (100-20)=872000 \text{ kJ}$$

■ Örnek Problem 2.

- 5000 gr kütledeki alüminyum bloğun sıcaklığı 120°C' den 15°C'ye düşürülmektedir. Alüminyumdan çekilen ısı miktarını bulunuz. Alüminyum için $C_p=950 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$
 $m=5000 \text{ gr}$

$$\square Q=m.C_p.(T_2-T_1) \quad \rightarrow \quad Q=5 \times 950 \times (15-120)$$

$$\square Q= -498750 \text{ j} = -498750/1000=-498.75 \text{ kJ}$$

- Sonucun eksi çıkması sistemden ısı çekildiğini gösterir.

■ Örnek Problem 3.

- 1200 kg kütledeki bir cismin sıcaklığı 20°C'den 220°C'ye çıkarılması için 120000 kJ ısı enerjisi harcanmaktadır, ısı kayıplarını ihmal ederek cismin özgül ısı kapasitesini bulunuz.

$$\square Q=m C_p (T_2-T_1)$$

$$C_p = \frac{Q}{m (T_2 - T_1)} = \frac{120000}{1200 (220 - 20)} = 0.5 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$

ISI TÜRLERİ

■ Ergime Isısı

■ Katı bir cisme ısı enerjisi verildiğinde cismin sıcaklığının artmayıp sıvı hale geçmesi için verilen ısı miktarına ergime ısıdır. Şekilde B-C bölgesinde verilen ısı buz için ergime ısıdır. Buz için ergime ısı 335 kJ/kg 'dır. Bu değer buzun 0°C 'de tamamen buz haline gelmesi için verilen ısı miktarıdır. B-C bölgesinde cismin sıcaklığının hep aynı olduğu görülmektedir.

■ Buharlaşma Isısı

■ Sıvı bir cisme ısı enerjisi verildiğinde, cismin sıcaklığının artmayıp, cismin sıvı halden buhar haline geçmesi için verilen ısı miktarıdır. Su için buharlaşma ısı 2257 kJ/kg'dır. Şekilde D bölgesinde kaynamakta olan suya tamamen buharlaşabilmesi için E noktasına kadar ısı verilmesi gerekir. D-E bölgesinde sıvının sıcaklığının artmadığı görülmektedir. Verilen ısı enerjisi suyun tamamının buharlaştırılmasına harcanmaktadır.

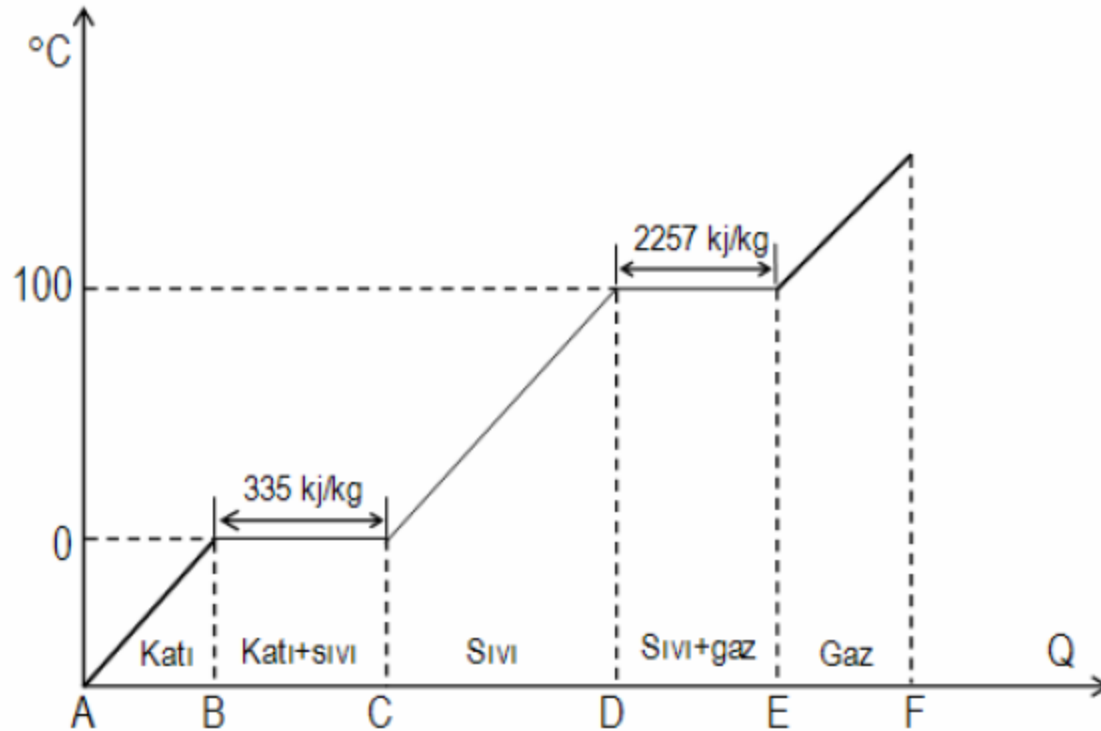
■ Duyulur Isı

■ Herhangi bir maddeye verilen veya o maddeden çekilen ısı, bir sıcaklık farkı meydana getiriyorsa bu ısı enerjisine "duyulur veya hissedilir ısı" diyoruz. Başka bir deyişle, bir sıcaklık farkı oluşturan ve açıkça hissedilen bu ısıya duyulur ısı diyoruz. Şekilde A-B, C-D ve E-F bölgesi duyulur ısı bölgelerini göstermektedir.

■ Gizli Isı

■ Herhangi bir maddeye verilen veya o maddeden çekilen ısı, maddenin halini değiştirip sıcaklığında değişme oluşturmuyorsa bu ısı enerjisine "gizli ısı" diyoruz. Şekilde B-C ve D-E bölgeleri gizli ısı bölgelerini göstermektedir. Verilen ısı enerjisi maddenin sıcaklığını değiştirmeyip halini değiştirmiştir. B noktasındaki buz kütlesine ısı verilerek sıcaklığı artmadan C noktasında tamamen su haline, D noktasında atmosfer basıncı altında 100°C 'de kaynayan su E noktasında tamamı buhar haline dönüşmüştür.

ISI TÜRLERİ



SOĞUTMANIN TARİHÇESİ

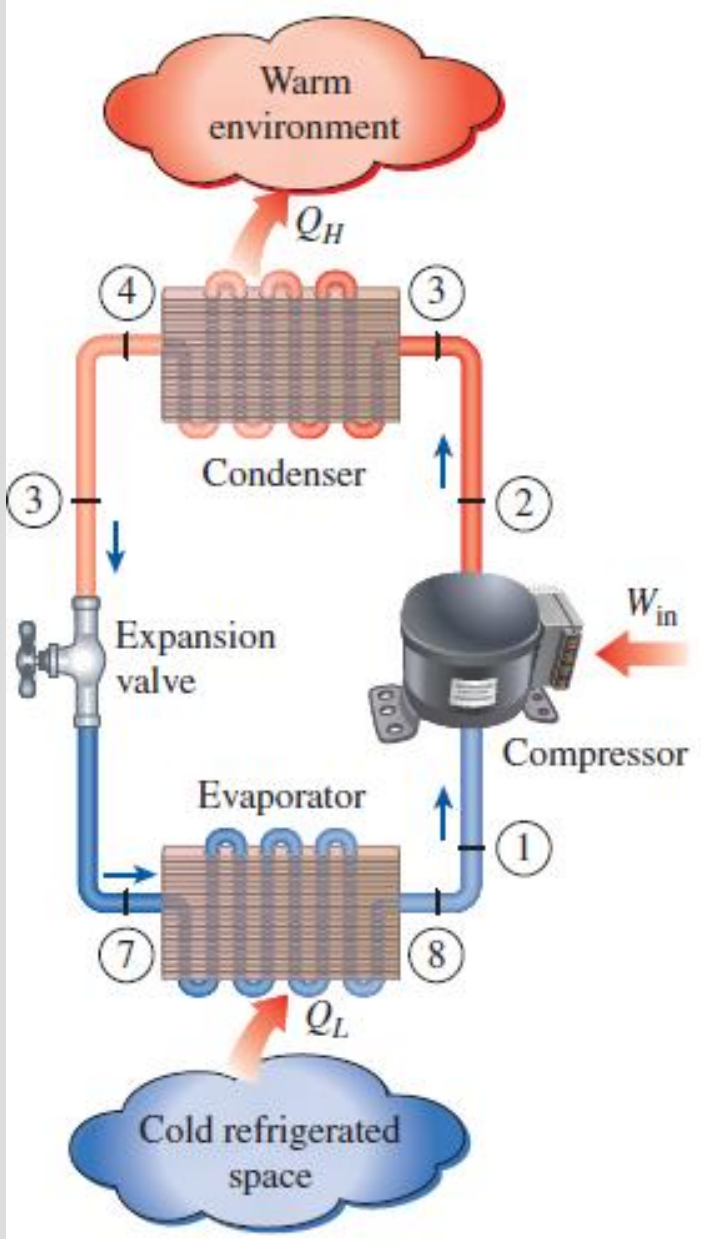
- Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısıнын alınması işlemine soğutma denilebilir.
- En basit ve en eski soğutma şekli, soğuk yörelerde tabiatın meydana getirdiği kar ve buzu muhafaza edip bunların sıcak veya ısı alınmak istenen yerlere koyarak soğutma sağlanmasıdır.
- Kış aylarında meydana gelen kar ve buzu muhafaza ederek sıcak mevsimlerde soğutma maksatları için kullanma usulü M.Ö. 1000 yıllarından beri uygulanmakta olduğu bilinmektedir.
- Ticari maksatla ilk büyük buz satışı 1806 yılında Frederic TUDOR tarafından Antil adalarına 130 tonluk buz Favorite adlı tekneyle götürülmesi ile başlamıştır. İlk macerasından zarar etmesine rağmen bu olumsuzluğun depolanmadan kaynaklandığını, gerçekte ise buz işinde büyük kazançlar olduğunu görmüş, nakliye esnasında buzu uzun süre muhafaza etmek için teknesinde değişiklikler yaparak yılda 150.000.000 Tona ulaşan bir buz ticareti hacmi geliştirmiştir..

SOĞUTMA SİSTEMLERİ

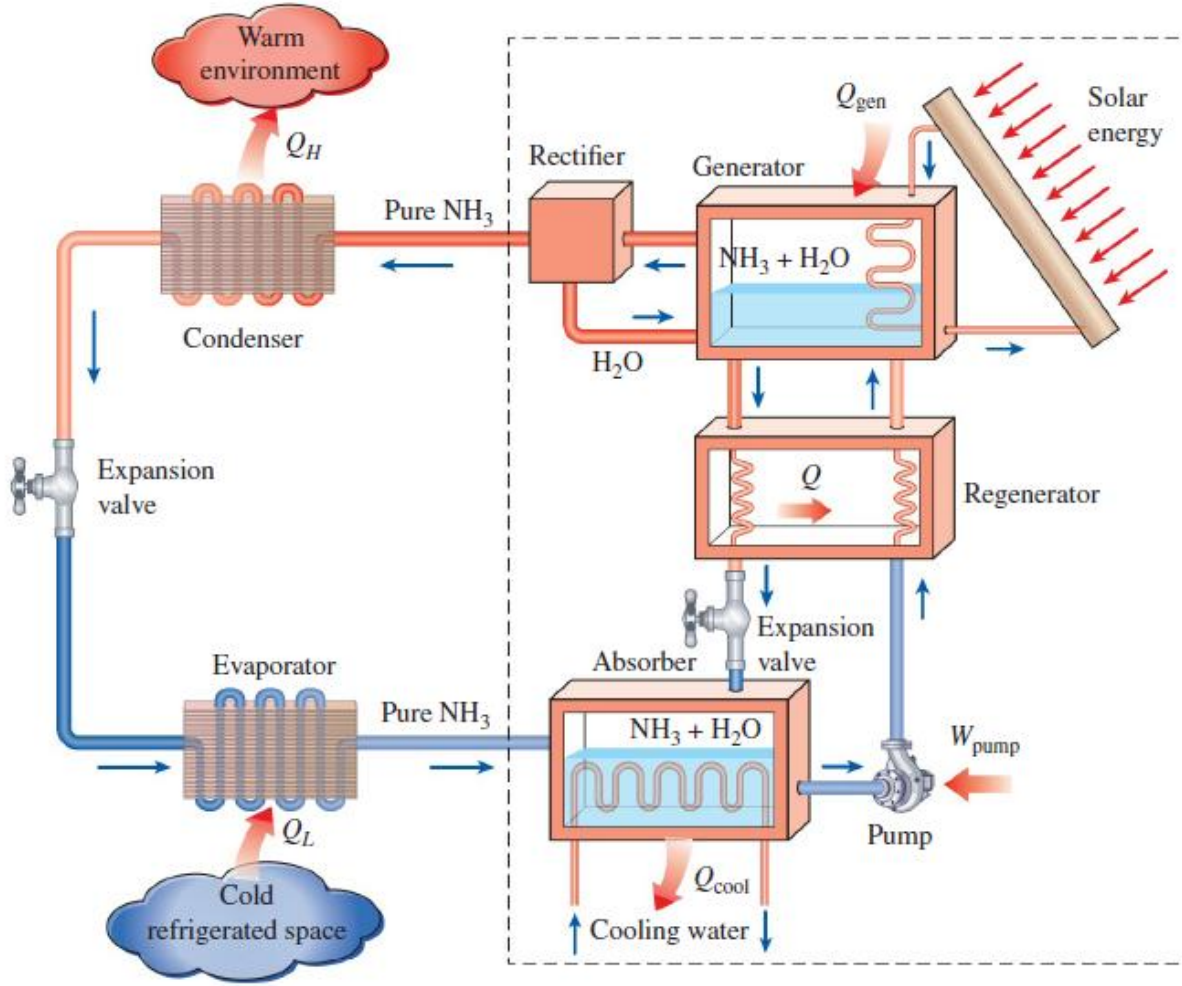
- **Eriyik Teşkilî ile Soğutma Sistemi:** Bazı tuzlar suda eritildikleri takdirde belirli bir ısı yutarlar ve dolayısıyla soğutma meydana getirirler. Bu tuzlardan bazılarının ötektik noktaları ve yuttukları ısı miktarı tabloda verilmiştir.

TUZ	(kJ/kg)	T(°C)
NaCl	91,4	-21,2
NH ₃ Cl	305,2	-15,8
KNO ₃	350,4	-2,9

Buhar Sıkıştırımlı (Mekanik) Soğutma



- En yaygın uygulanmakta olan soğutma sistemidir.
- En sık uygulanmakta olan ve rastlanan bu tip soğutma sisteminde; sıvı halden buhar hale geçmekte olan soğutucu akışkanı içinde bulunduran bir evaporatör (buharlaştırıcı), evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkanı alçak basınç tarafından emerek yüksek basınç tarafındaki kondensere basan bir kompresör, soğutucu akışkandaki ısıyı alıp onu sıvılaştırılan bir kondenser (yoğuşturucu) ile soğutucu akışkanın evaporatöre yani alçak basınç tarafına ölçülü ve gereken miktarlarda verilmesini sağlayabilen bir genişleme valfi bulunmaktadır.

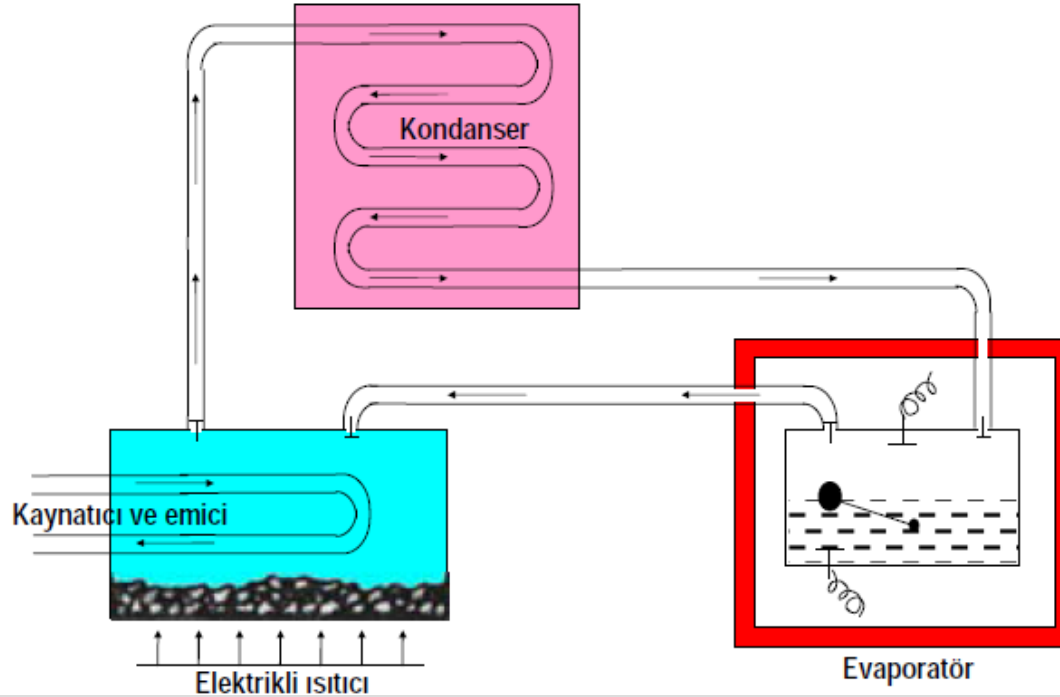


Sıcaklığı 100°C ile 200°C arasında olan ucuz bir ısı enerji kaynağı bulunduğu zaman, ekonomik açıdan ilgi çekici olabilecek bir başka soğutma yöntemi **soğurmali (absorpsiyonlu) soğutmadır.**

Ucuz ısı enerji kaynakları arasında **jeotermal enerji, güneş enerjisi, kojenerasyon veya buhar santrallerinin atık ısıları ve hatta bağıl olarak ucuz fiyattan sağlandığında doğal gaz sayılabilir.**

Amonyak-su soğurmali soğutma çevrimi

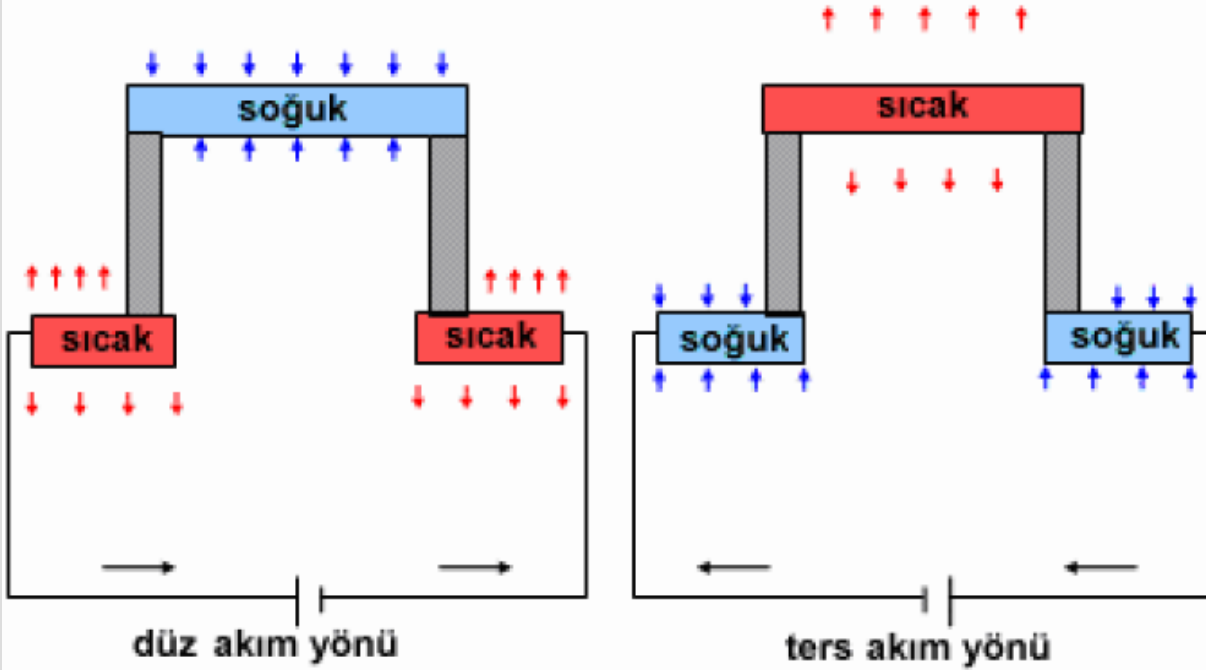
ADSORBSİYONLU SOĞUTMA



Aktif karbon, silika-jel gibi maddelerin gözenekleri, büyük miktarda gaz emerler. Bu gibi katı maddelerin bu özelliklerinden yararlanılarak adsorbsiyonlu soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Sistem, bir kaynatıcı (aynı zamanda absorber), bir yoğuşturucu ve bir buharlaştırıcıdan oluşmaktadır. Bu sistemde kaynatıcı içerisinde su yerine, amonyağın emilmesini sağlayacak silikajel bulunmaktadır. Kaynatıcı içerisine elektrikli ısıtıcılar ve soğutma serpantinleri yerleştirilmiştir. Kaynatıcının ısıtılması ile silika-gel ısınır ve emmiş olduğu amonyak buharlaşarak, silika-jelin bünyesinden ayrılır. Belirli bir basınca ulaştığında, çıkış valfini açarak yoğuşturucuya geçer.

Burada çevreye ısı vererek sıvı hale gelen amonyak, buharlaştırıcı içine akar. Bir süre sonra buharlaştırıcı içindeki şamandıra yükselerek, elektrikli ısıtıcı devresini kapatır. Soğutma suyu vanasını açar ve ısıtıcı soğumaya başlar. Ortamdan ısı çekerek buharlaşan amonyak, elektrikli ısıtıcı kapandığında absorber görevini üstlenen kaynatıcıdaki silika-jel tarafından emilmeye başlanır. Soğuyan kaynatıcı içerisindeki basınç düşümü sayesinde, amonyağın buharlaşması kolaylaşmış olacaktır. Oluşan amonyak buharı, emme valfini açarak, tekrar absorbere döner. Bir süre sonra buharlaştırıcıda sıvı seviyesi düşer ve şamandıra, soğutma suyu vanasını kapatıp, ısıtıcıyı devreye sokar. Bu şekilde sirkülasyon devam eder.

TERMOELEKTRİK SOĞUTMA

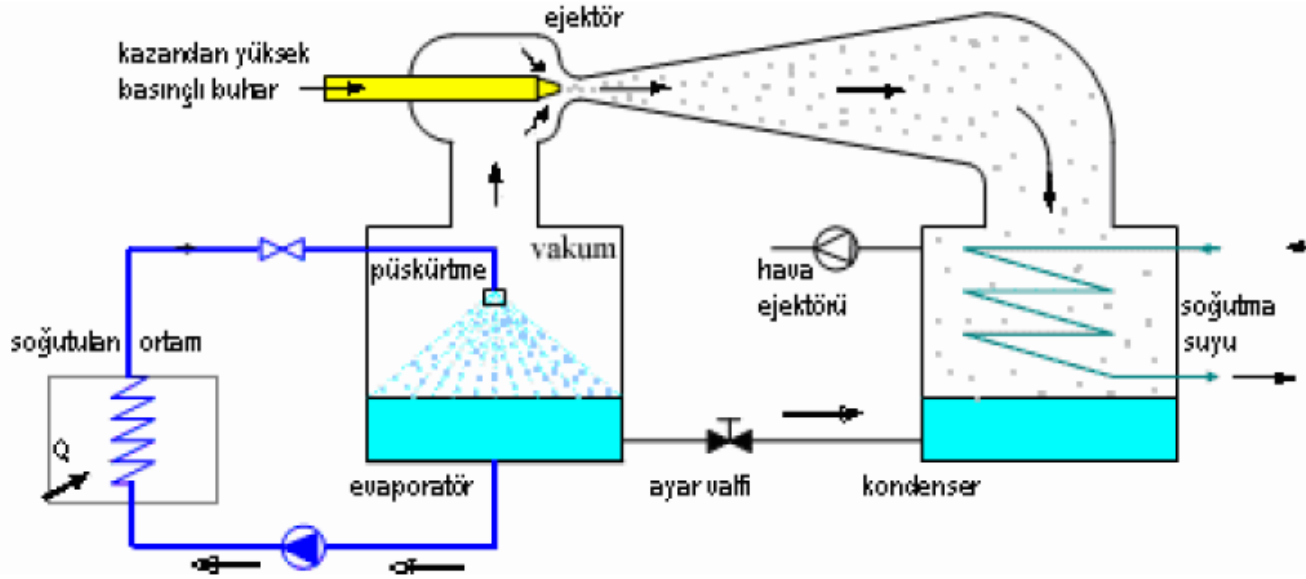


Hareket eden parçasının olmamasının yanında, gürültü, titreşim, soğutucu akışkan, yağ sızıntısı gibi olumsuzlukların olmaması, kapasite ve sıcaklık kontrolünün akım şiddetini azaltıp çoğaltarak kolayca yapabilmesi, geometrik her pozisyonda etkilenmeden çalışabilmesi bu sistemin uzay araçlarında kullanılmasını istenir hale getirmiştir.

Peltier etkisi diye anılan ve iki metal elemanın meydana getirdiği bir devreye elektrik akımı verildiğinde zıt uçlarında, akımın yönüne göre, ısınma veya soğutma meydana gelir.

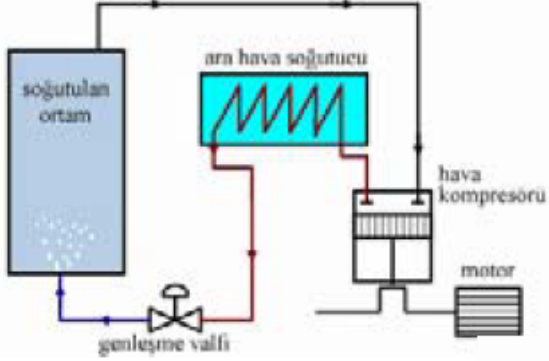
Yukarıda saydığımız olumlu yönlerine rağmen performans katsayısı çok düşük olduğu için ticari soğutma uygulamalarında kullanılmamaktadır.

BUHAR – JET SOĞUTMA

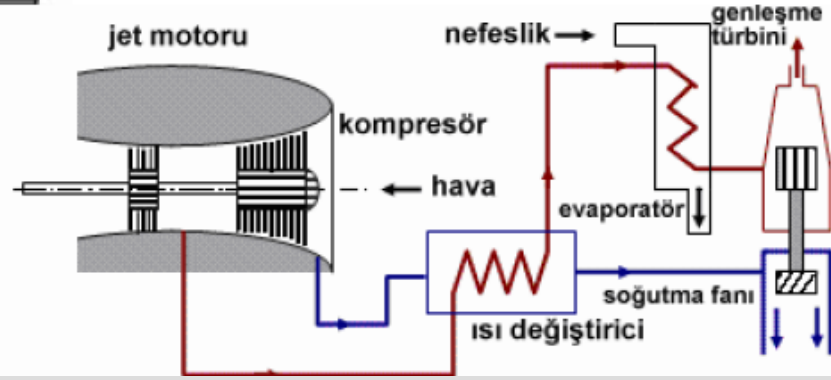


Buhar - Jet soğutma sistemi, yüksek vakum altında ve düşük sıcaklıkta suyun buharlaştırılması prensibi ile çalışan bir sistemdir. Bu prensiple çalışan makinelerin en tanınmışısı " Westinghouse-Leblanc" sistemidir.

HAVA SOĞUTMA



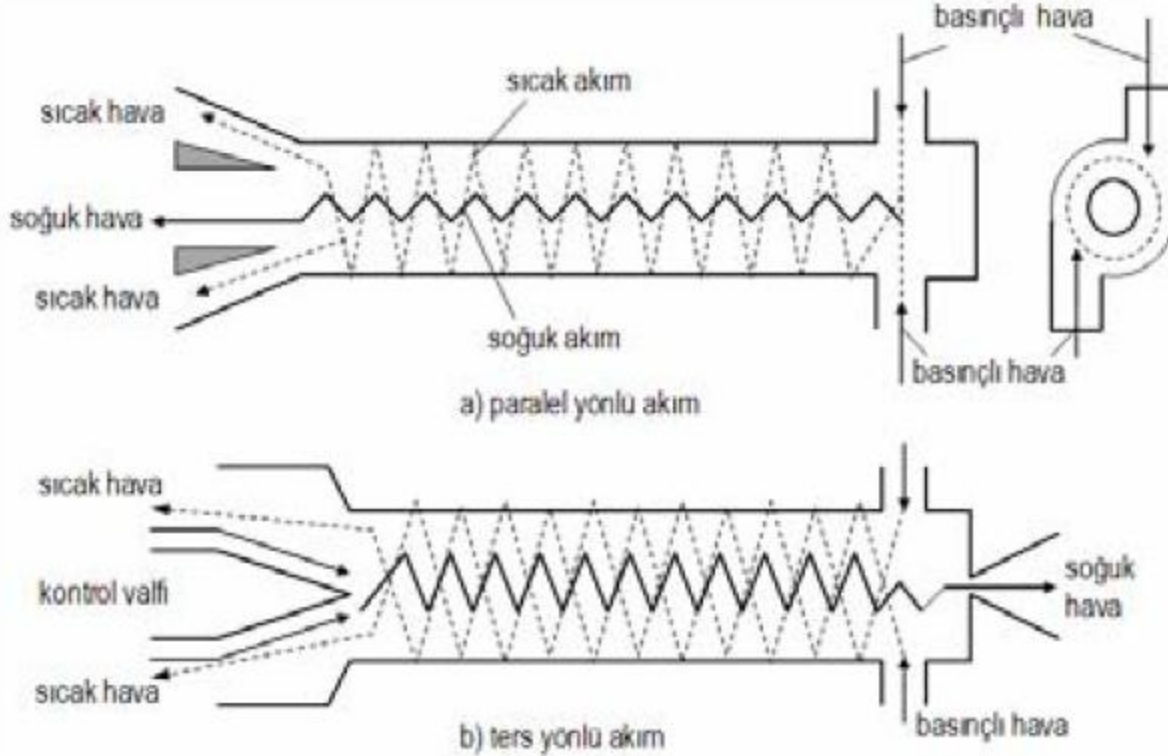
ayrıca [110](#), [111](#)



Diğer soğutma çevrimlerinden farklı olarak hava soğutma çevriminde, soğutucu akışkan tüm sistemde daima gaz halinde kalır ve hiç sıvılaşmaz.

İdeal hava soğutma çevriminin en basit şekli esas olarak Joule Brayton çevriminin tersi olan çevrimdir.

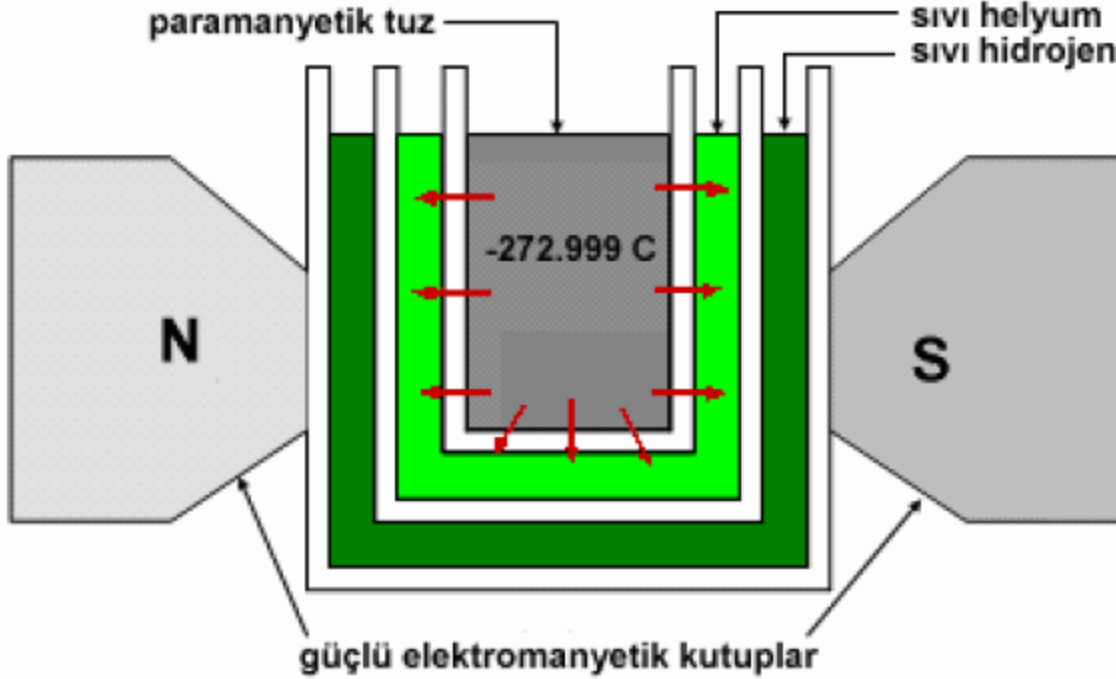
VORTEKS TÜPÜ



Boruya, dışarıdan teğetsel şekilde verilen basınçlı gaz ses hızına yakın bir hıza ulaşır ve boruyu terk ederken dış zarfa yakın kısımlarda sıcak, çekirdek (eksene yakın) kısmında ise soğuk akımlar haline geldikten sonra; boruyu terk ediş yönüne göre "Aynı Yönlü Akım" ve "Ters Yönlü Akım" adlarıyla anılır.

Hareket eden parçası bulunmayan, basit bir borudan (tüp) ibaret olan bu soğutma şekli. Bu soğutma çevriminde oldukça düşük sıcaklıklar elde edilebilmektedir.

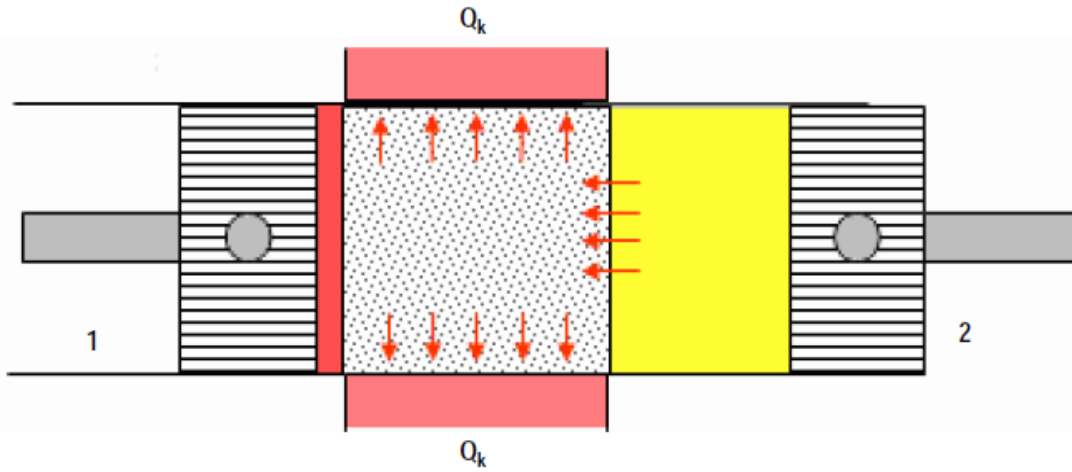
PARAMANYETİK SOĞUTMA



Mutlak sıfır sıcaklığına yakın seviyelerdeki sıcaklıklara ulaşılmasını sağlamak amacıyla araştırmacılar tarafından kullanılan bir soğutma şeklidir. Paramagnetik maddeler basit olarak "mıknatıs tarafından çekilemeyen maddeler" şeklinde tarif edilebilir.

Özellikle madenlerin mutlak sıfır sıcaklık civarındaki ısı ve elektriksel iletkenliklerinin araştırılmasında bu soğutma yönteminden yararlanılmakta, endüstride, tıp, tarım ve günlük yaşantımızda kullanılan maddelerin ve olayların geliştirilmesinde önemli yararlar sağlamaktadır.

STERLING ÇEVİRİMİ



bu soğutma çevrimi pistonlu bir buhar-sıkıştırma çevrimine benzemektedir. Bu sistem, bir silindir ile içerisine yerleştirilmiş ve birbirinden gözenekli ve ısı tutumu yüksek bir bölmeyle (Regeneratör) ayrılmış iki pistondan meydana gelmiştir.

Bu gün bu sistem bazı uygulama sahaları bulmakta ve (-80°C) ila (-185°C) gibi sıcaklık seviyelerine ulaşabilmektedir. Üç kademeli deneysel bir sistemde sıcaklıkların (-268°C)' ye kadar düşürülmesi mümkün olmuştur.

Bu çevrimin performans katsayısı oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır. Bunun nedenleri, ısı alış verişinin süratle yapılmasına uygun malzemelerin bulunamayışı, gözenekli bölmede kalan ısının ters yöndeki hareket sırasında tekrar soğuk gaz tarafından geri alınması gibi nedenlere bağlanabilir.

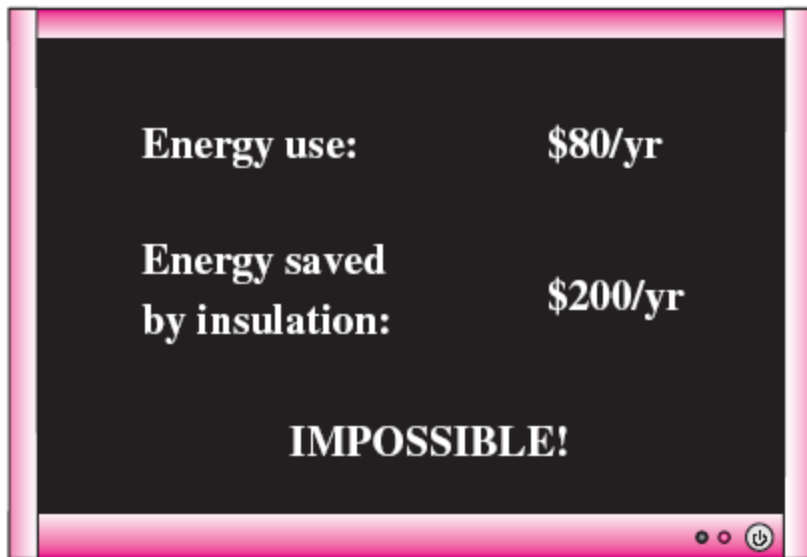


FIGURE 1-63

The results obtained from an engineering analysis must be checked for reasonableness.



FIGURE 1-64

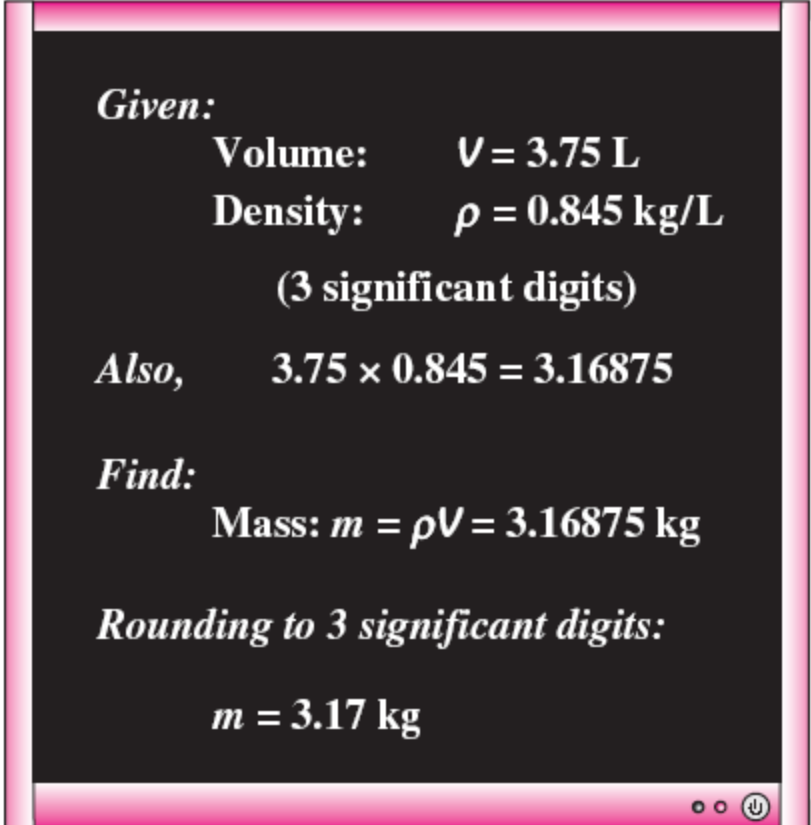
Neatness and organization are highly valued by employers.

A Remark on Significant Digits

In engineering calculations, the information given is not known to more than a certain number of significant digits, usually three digits.

Consequently, the results obtained cannot possibly be accurate to more significant digits.

Reporting results in more significant digits implies greater accuracy than exists, and it should be avoided.



Given:
Volume: $V = 3.75 \text{ L}$
Density: $\rho = 0.845 \text{ kg/L}$
(3 significant digits)

Also, $3.75 \times 0.845 = 3.16875$

Find:
Mass: $m = \rho V = 3.16875 \text{ kg}$

Rounding to 3 significant digits:
 $m = 3.17 \text{ kg}$

FIGURE 1-67

A result with more significant digits than that of given data falsely implies more accuracy.

PROBLEM ÇÖZME TEKNİĞİ

- Adım 1: Problemin ifade Edilmesi
- Adım 2: Şematik
- Adım 3: Kabuller ve yaklaşımlar
- Adım 4: Fiziksel yasalar
- Adım 5: Özellikler
- Adım 6: Hesaplamalar
- Adım 7: Sorgulama doğrulama ve irdeleme

EES (Engineering Equation Solver): EES, doğrusal ya da doğrusal olmayan cebirsel veya diferansiyel denklemleri sayısal yöntemlerle çözen bir bilgisayar programıdır. Bu yazılımda, matematiksel fonksiyonların yanı sıra termodinamik özellik fonksiyonları da yüklü olup kullanıcının ilave özellik verileri girmesine olanak sağlamaktadır. Bazı yazılım paketlerinin aksine, EES mühendislik problemlerini çözmez, sadece kullanıcının verdiği denklemleri çözer.