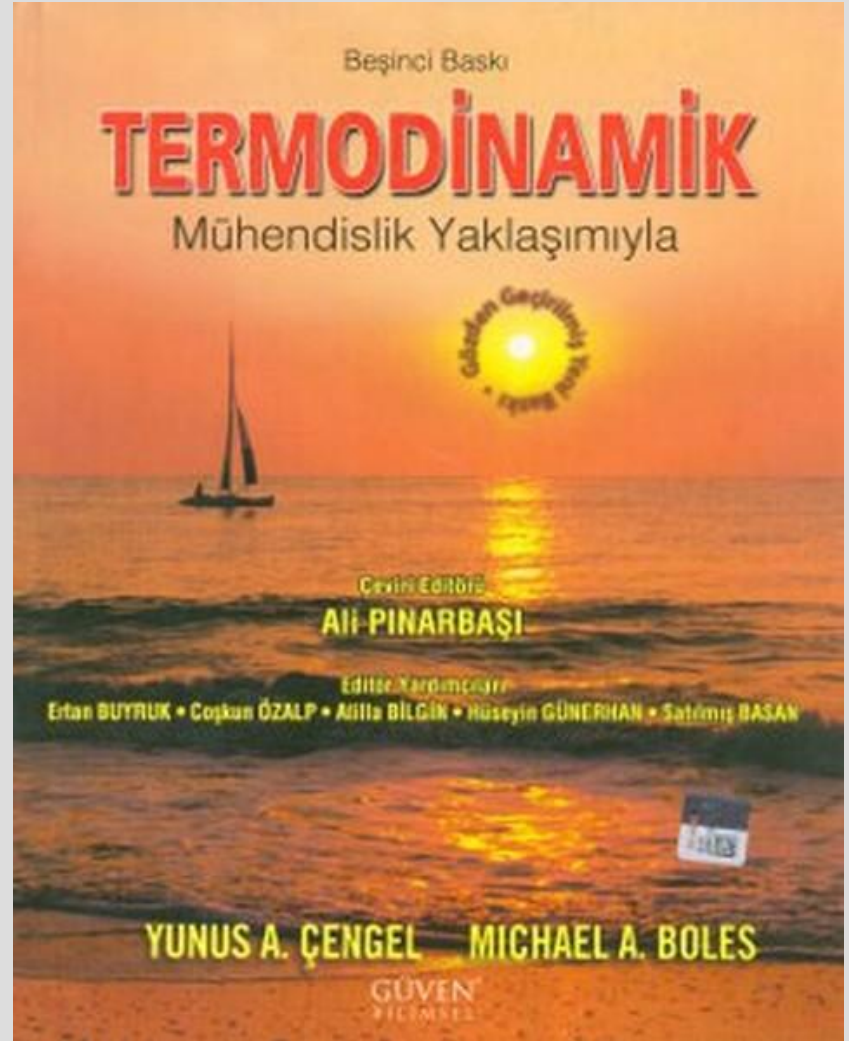
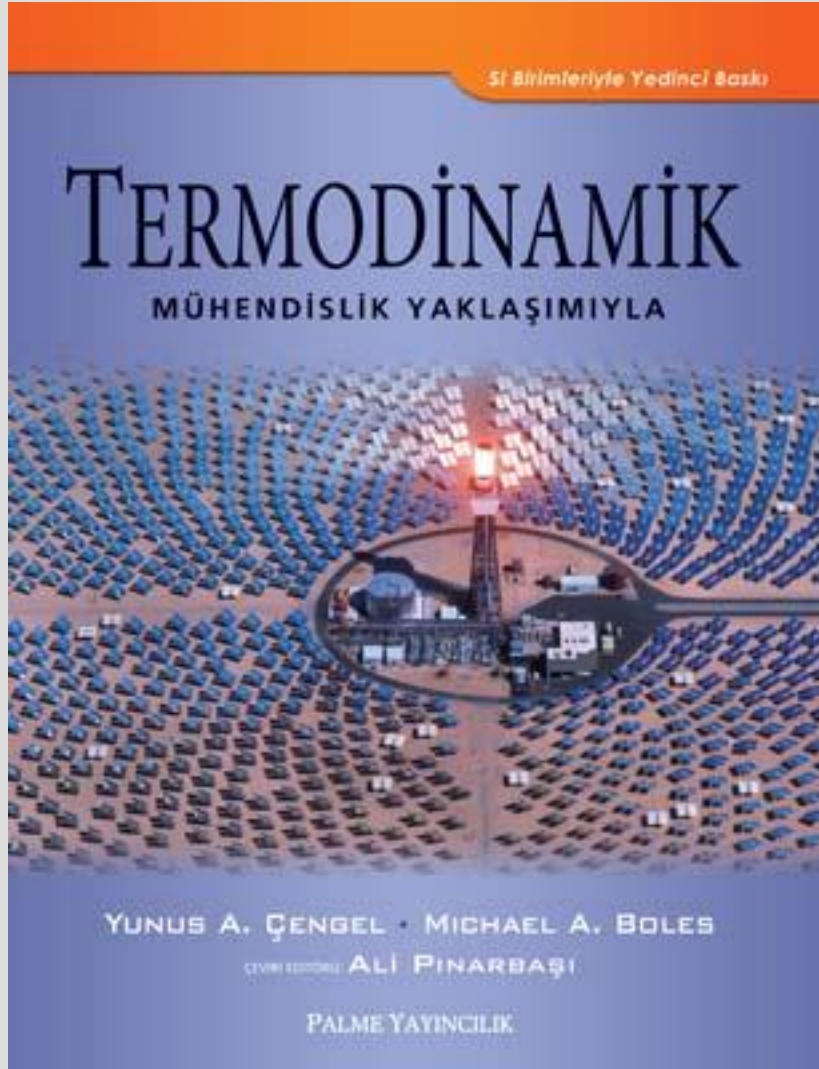


YUNUS A. ÇENGEL
MICHAEL A. BOLES

THERMODYNAMICS

An Engineering Approach

Eighth Edition



**Palme Yayıncılık - Termodinamik
Mühendislik Yaklaşımıyla - Yunus Çengel**

[İzmir Güven Kitabevi](#)

ME 203

TERMODİNAMİK I

Chapter 1

GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

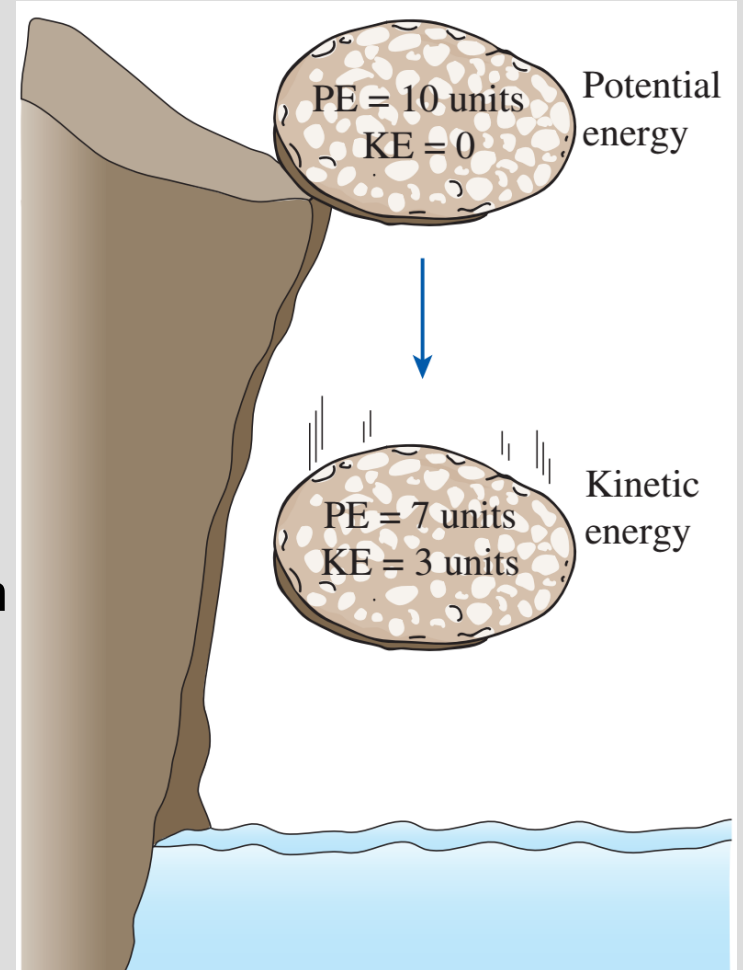
Ceyhun Yılmaz
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Objectives

- Termodinamiğin ilkelerinin geliştirilmesinin sağlam bir alt yapı üzerine oturması için temel kavramların açık bir şekilde tanımlanması ile ilgili termodinamiğe özgü dilin belirlenmesi.
- Metrik SI ve ingiliz birim sistemlerinin incelenmesi.
- Sistem, hal, hal varsayımı, denge, hal değişimi ve çevrim gibi termodinamiğin temel kavramlarının açıklanması.
- Sıcaklık, sıcaklık ölçeği, basınç ile mutlak ve gösterge basınç kavramlarının incelenmesi.
- Sistematik problem çözme tekniğinin tanıtılması.

THERMODYNAMICS AND ENERGY

- **Thermodynamics:** Enerji bilimidir.
- **Energy:** Değişikliklere sebep olma yeteneği.
- The name *thermodynamics* stems from the Greek words *therme* (heat) and *dynamis* (power).
- **Enerjinin korunumu prensibi:** Bir etkileşim esnasında, enerji, bir formdan başka bir forma dönüşebilir, ama enerjinin toplam miktarı, sabit kalır.
- Enerji yaratılamaz veya yok edilemez.
- **The first law of thermodynamics:** Enerjinin korunumu ilkesini ifade eder.
- Birinci yasa *enerjinin* termodinamikle ilgili bir özellik olduğunu öne sürer.



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

- **The second law of thermodynamics:** Enerjinin **niceliğinin (miktarının)** yanın da **niteliğinin (kalitesinin)** de dikkate alınması gerektiği üzerinde durur ve doğadaki değişimlerin enerjinin niteliğinin azaldığı yönde gerçekleştiğini belirtir.
- **Classical thermodynamics:** 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.
- **Statistical thermodynamics:** Tek tek parçacıkların oluşturdukları büyük kümelerin ortak davranışlarını göz önüne alır.
- Bu bölümde sadece konuya destek olması amacıyla kullanılacaktır.

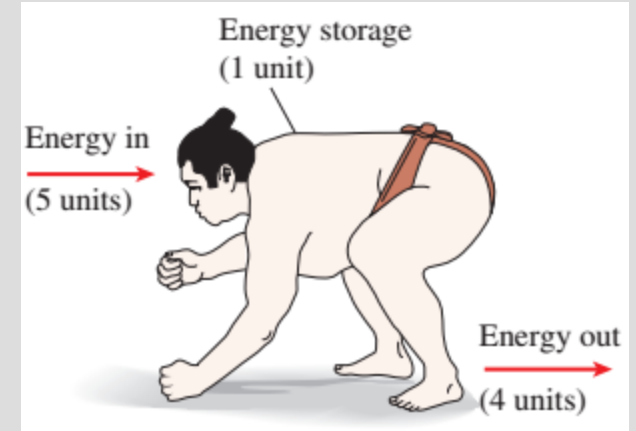


FIGURE 1-2

Conservation of energy principle for the human body.

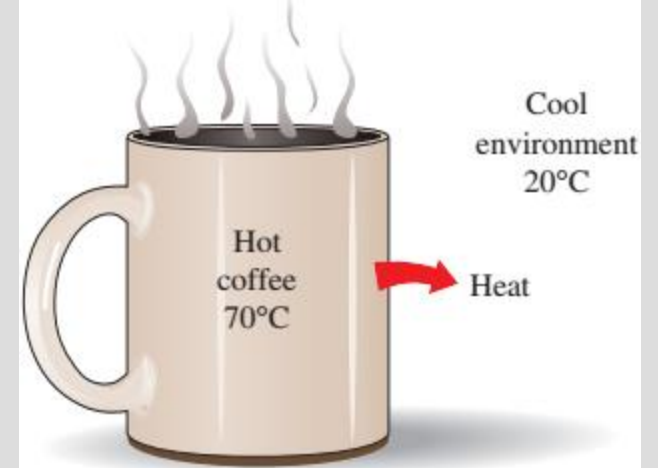


FIGURE 1-3

Heat flows in the direction of decreasing temperature.

Application Areas of Thermodynamics



Refrigerator



Boats



Aircraft and spacecraft



Power plants



Human body



Cars

Doğadaki tüm etkinlikler enerji ile madde arasında bir etkileşim içerir, dolayısıyla bir şekilde termodinamik ile ilgili olmayan bir çalışma alanı düşünmek zordur.

Application Areas of Thermodynamics



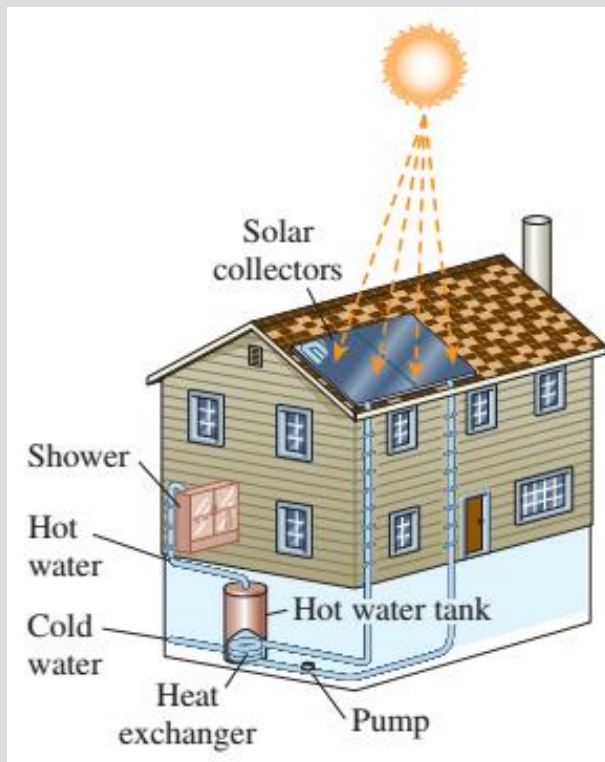
Wind turbines



Food processing



A piping network in an industrial facility.



IMPORTANCE OF DIMENSIONS AND UNITS

- 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.
- **Metric SI system:** Değişik birimlerin kendi aralarında onlu sisteme göre düzenlendiği, basit ve mantıklı bir sistemdir.
- **English system:** 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

Some SI and English Units

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

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

Force = (Mass)(Acceleration)

$$F = ma$$

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

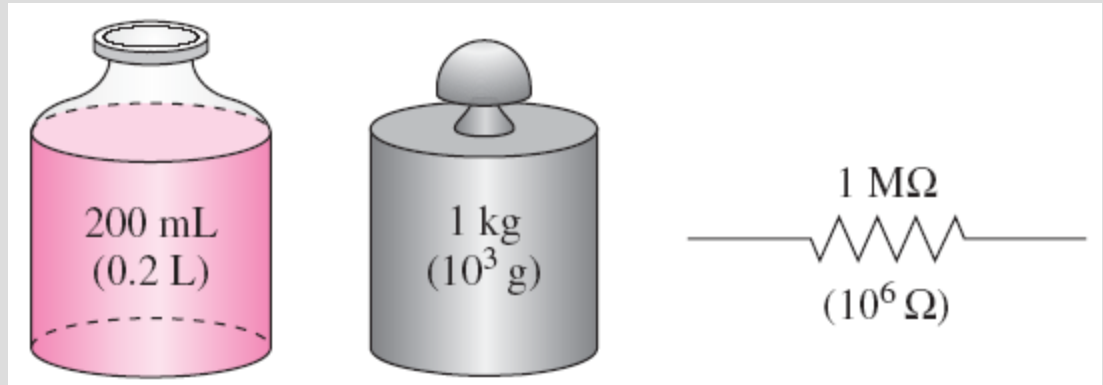
$$1 \text{ lbf} = 32.174 \text{ lbm}\cdot\text{ft}/\text{s}^2$$

İş = Kuvvet × Yol

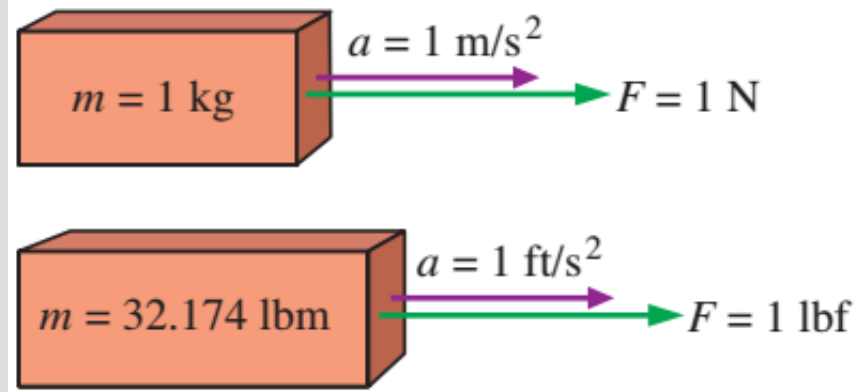
$$1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$$

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

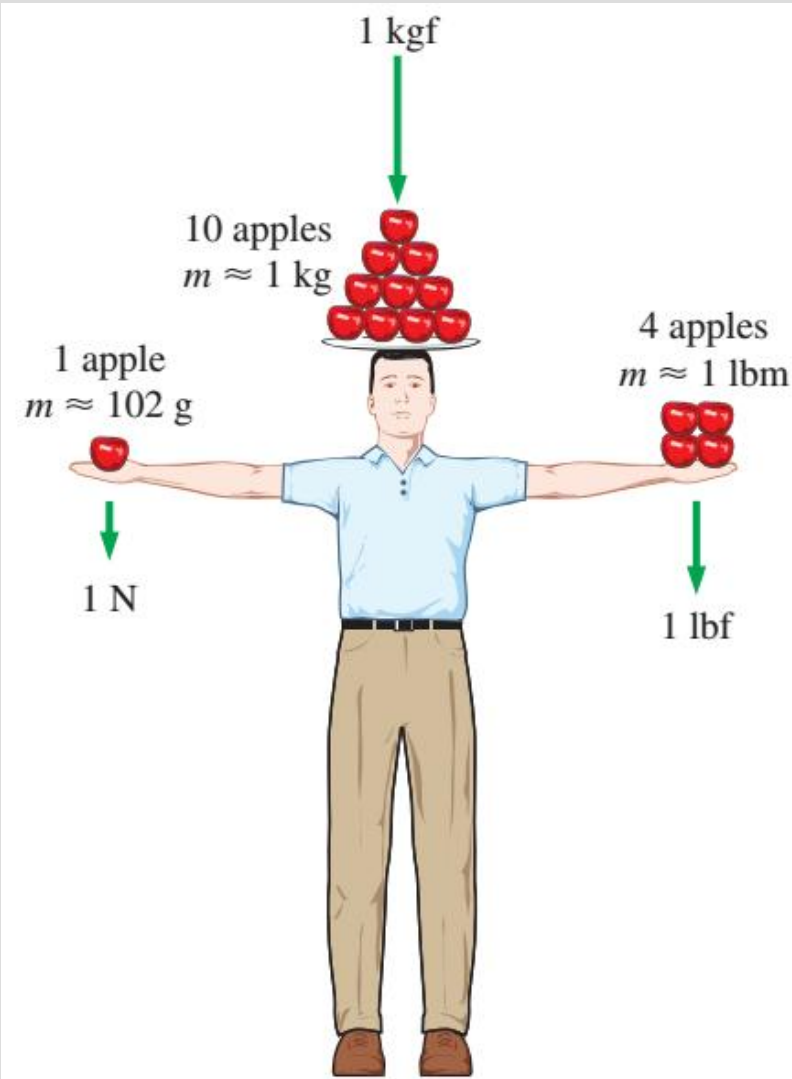
$$1 \text{ Btu} = 1.0551 \text{ kJ}$$



SI birim sistemindeki önekler bütün mühendislik dallarında kullanılır.



Kuvvet birimlerinin tanımı.



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

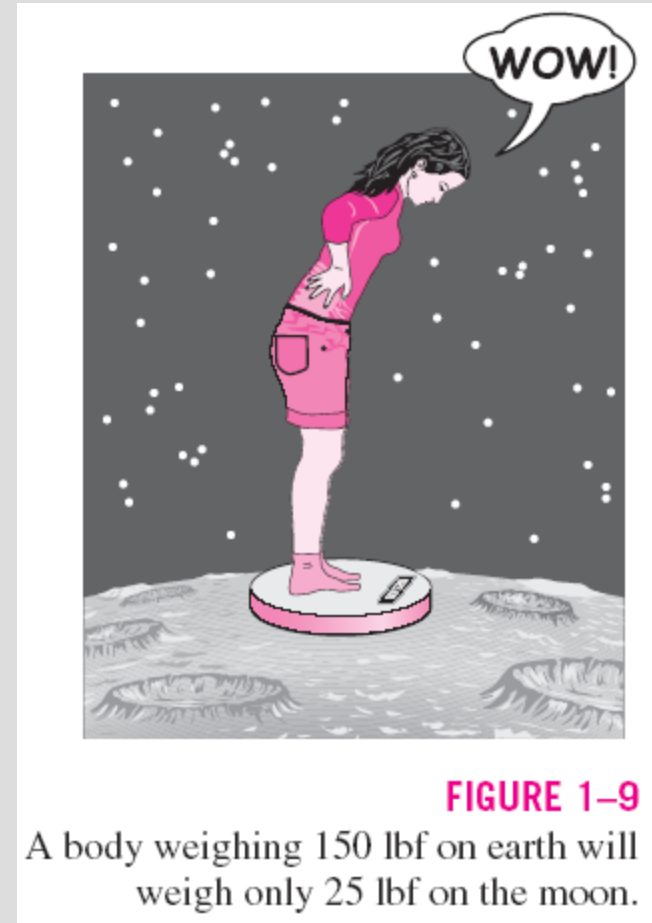


FIGURE 1-9

A body weighing 150 lbf on earth will weigh only 25 lbf on the moon.

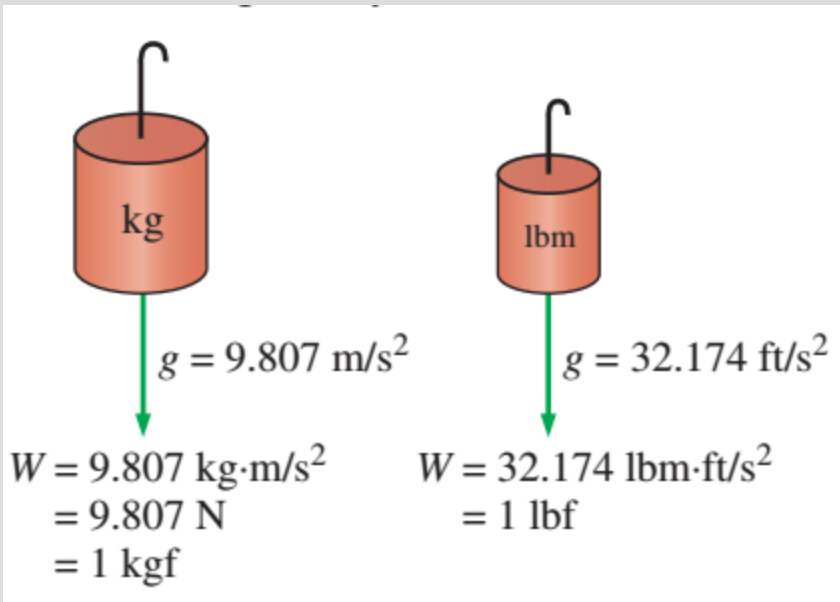
Dünyada 750 N ağırlığa sahip olan bir kişi ayda sadece 125 N gelir.

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

W Ağırlık

m kütle

g Yerçekimi ivmesi



Bir birim kütlenin deniz seviyesindeki ağırlığı.

Özgül ağırlık γ : bir maddenin birim hacminin ağırlığıdır.

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

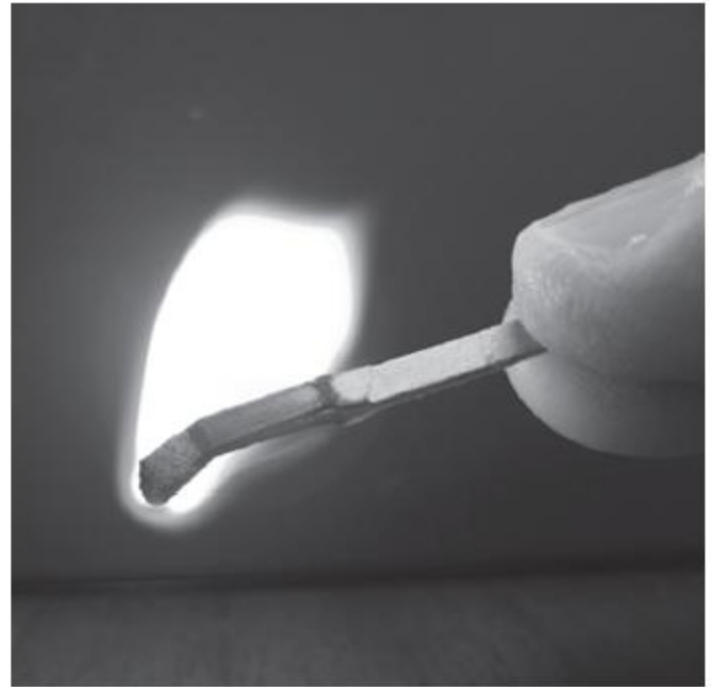


FIGURE 1-11

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

Boyutların türdeşliği

Mühendislik problemlerinde tüm denklemler boyutsal olarak **türdeş olması** zorunludur.

Birim dönüşüm oranları

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

Örnek olarak kuvvet birimi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

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

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

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

Birim 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 denklemdeki tüm terimlerin birimleri aynı olmalıdır.

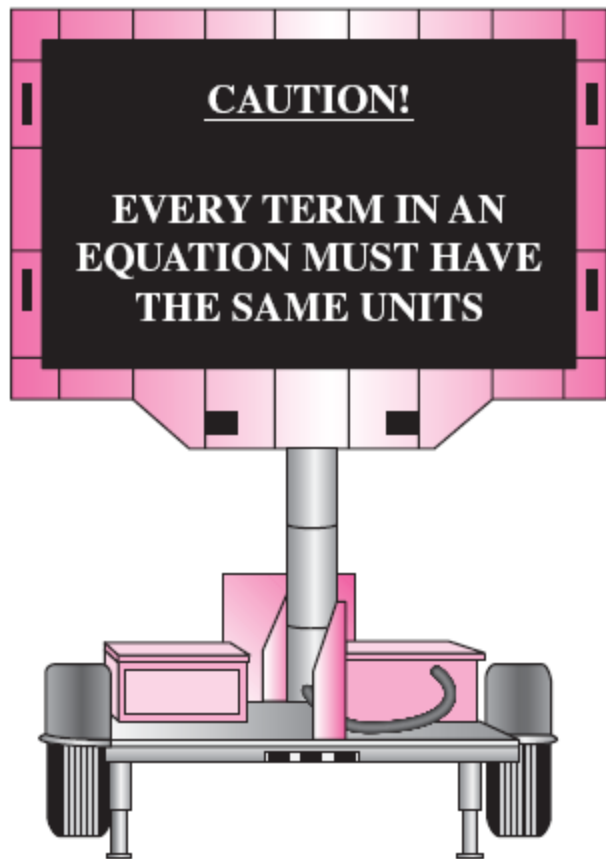
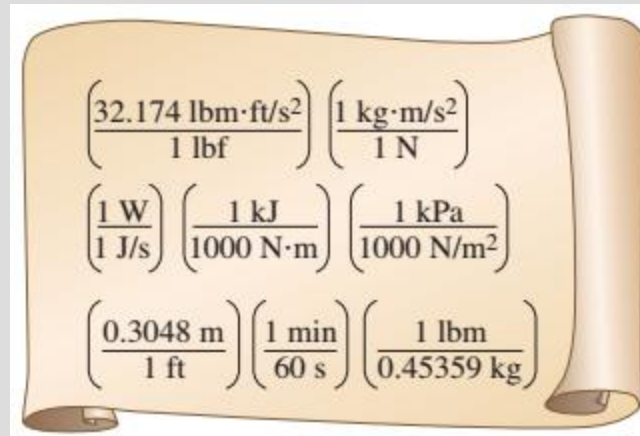


FIGURE 1-15

Always check the units in your calculations.



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

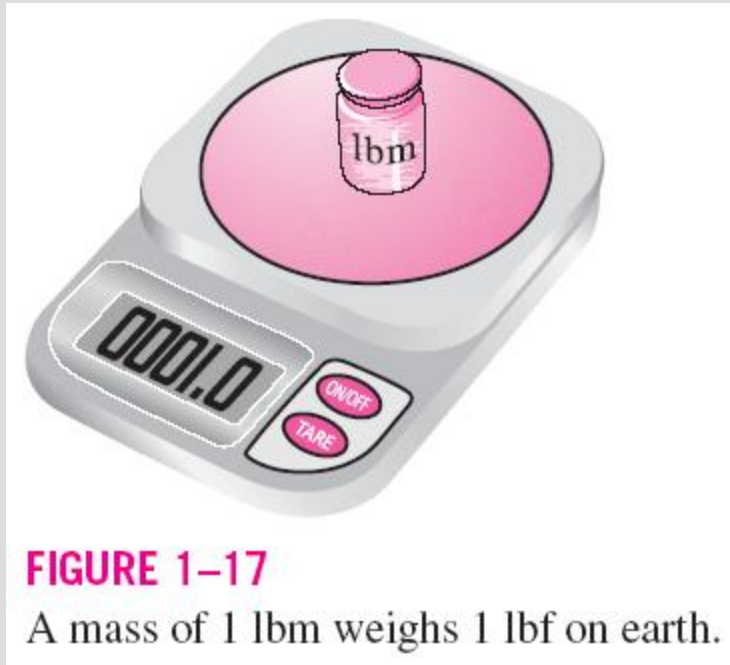


FIGURE 1-17

A mass of 1 lbm weighs 1 lbf on earth.



FIGURE 1-18

A quirk in the metric system of units.

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

EXAMPLE 1-2 Obtaining Formulas from Unit Considerations

A tank is filled with oil whose density is $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$. If the volume of the tank is $V = 2 \text{ m}^3$, determine the amount of mass m in the tank.

SOLUTION The volume of an oil tank is given. The mass of oil is to be determined.

Assumptions Oil is a nearly incompressible substance and thus its density is constant.

Analysis A sketch of the system just described is given in Fig. 1-13. Suppose we forgot the formula that relates mass to density and volume. However, we know that mass has the unit of kilograms. That is, whatever calculations we do, we should end up with the unit of kilograms. Putting the given information into perspective, we have

$$\rho = 850 \text{ kg/m}^3 \quad \text{and} \quad V = 2 \text{ m}^3$$

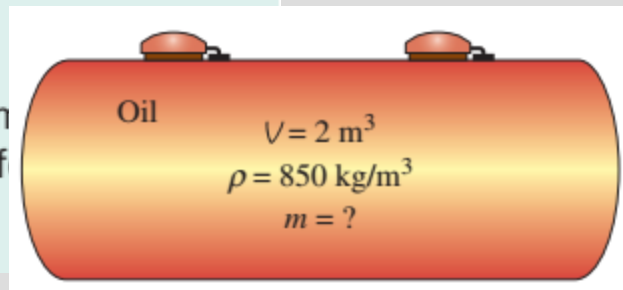
It is obvious that we can eliminate m^3 and end up with kg by multiplying these two quantities. Therefore, the formula we are looking for should be

$$m = \rho V$$

Thus,

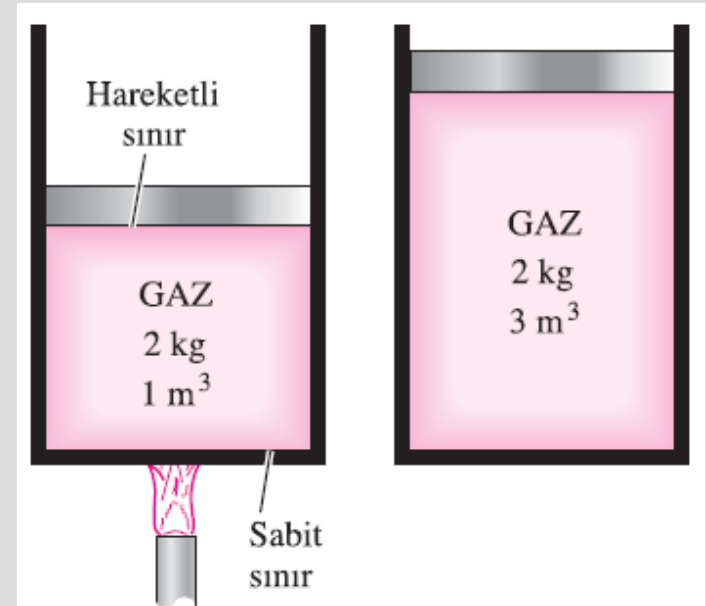
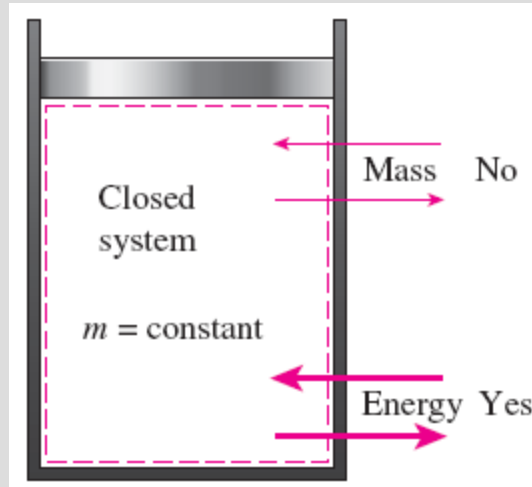
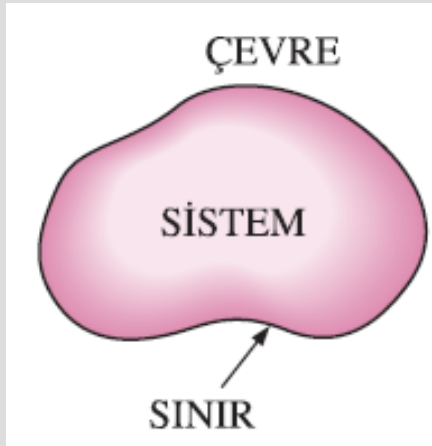
$$m = (850 \text{ kg/m}^3)(2 \text{ m}^3) = \mathbf{1700 \text{ kg}}$$

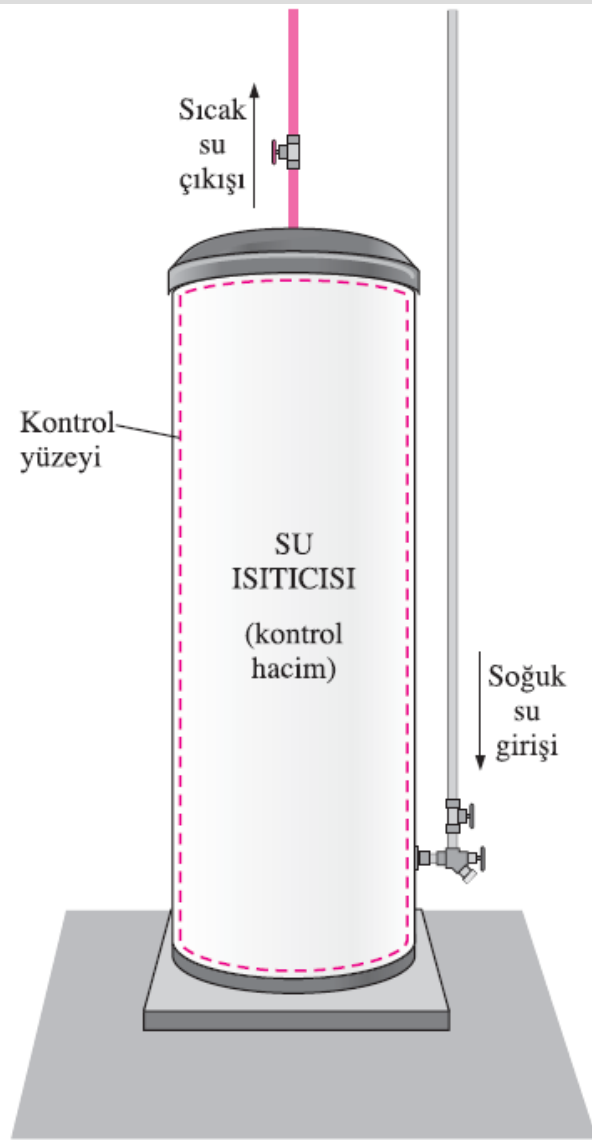
Discussion Note that this approach may not work for more complex formulas. Nondimensional constants also may be present in the formulas; these cannot be derived from unit considerations alone.



SİSTEMLER VE KONTROL HACİMLERİ

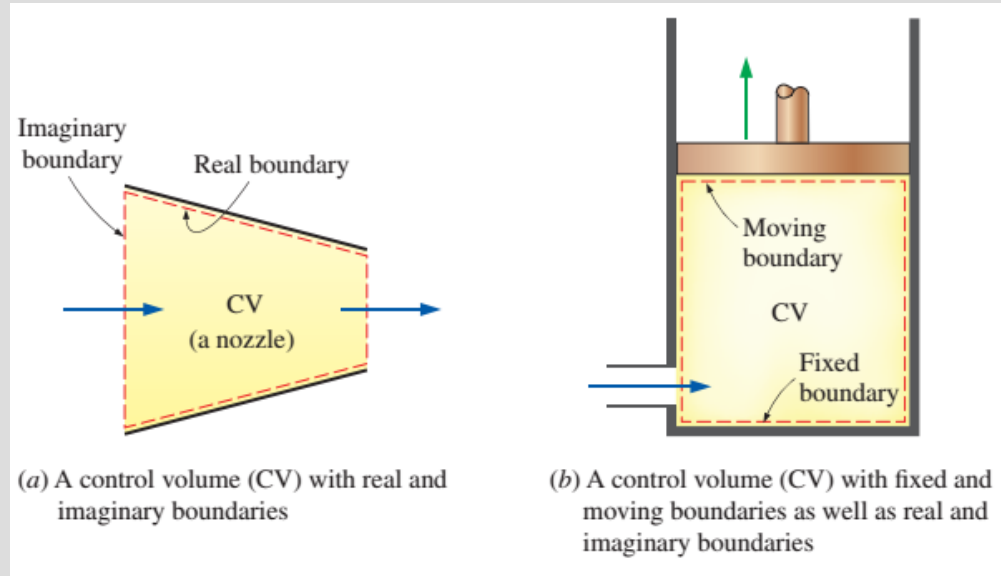
- **System:** Belirli bir kütleyi veya uzayın incelenmek üzere ayrılan bir bölgesini belirtir.
- **Çevre:** Sistemin dışında kalan kütle veya bölge
- **Sınır:** Sistemi çevresinden ayıran gerçek veya hayali yüzey.
- Sistemin sınırları *sabit* veya *hareketli* olabilir.
- Sistemler *kapalı* veya *açık* diye nitelendirilirler.
- **Kapalı sistem (sabit kütle):** Sınırlarından kütle geçişi olmayan sabit bir kütledir.





Tek girişli ve tek çıkışlı açık sistem (kontrol hacmi)

- **Açık sistem(kontrol hacmi):** Problemin çözümüne uygun bir şekilde seçilmiş uzayda bir bölgedir.
- Genellikle kompresör, türbin, nozıl gibi içinden kütle akışının olduğu bir makineyi içine alır.
- Hem kütle hem de enerji kontrol hacmi sınırlarını geçebilir.
- **Kontrol yüzeyi :** Kontrol hacminin sınırlarına kontrol yüzeyi adı verilir ve gerçek ya da hayali olabilirler.



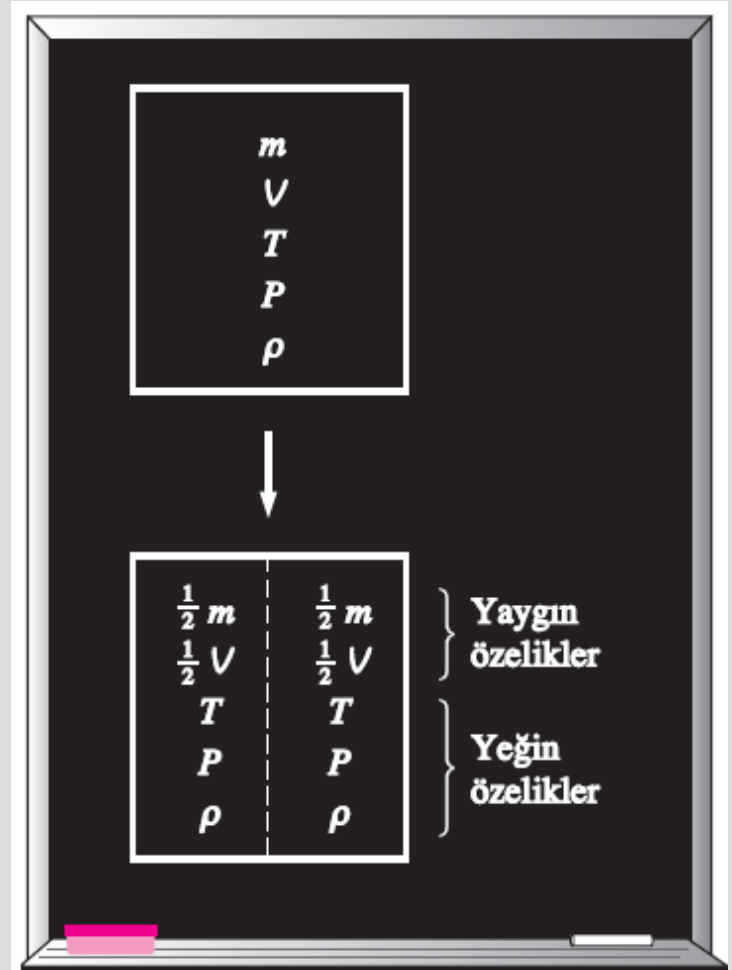
Bir kontrol hacmi sabit, hareketli, gerçek ve hayali sınırlara sahip olabilir.

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.

$$(v = V/m)$$

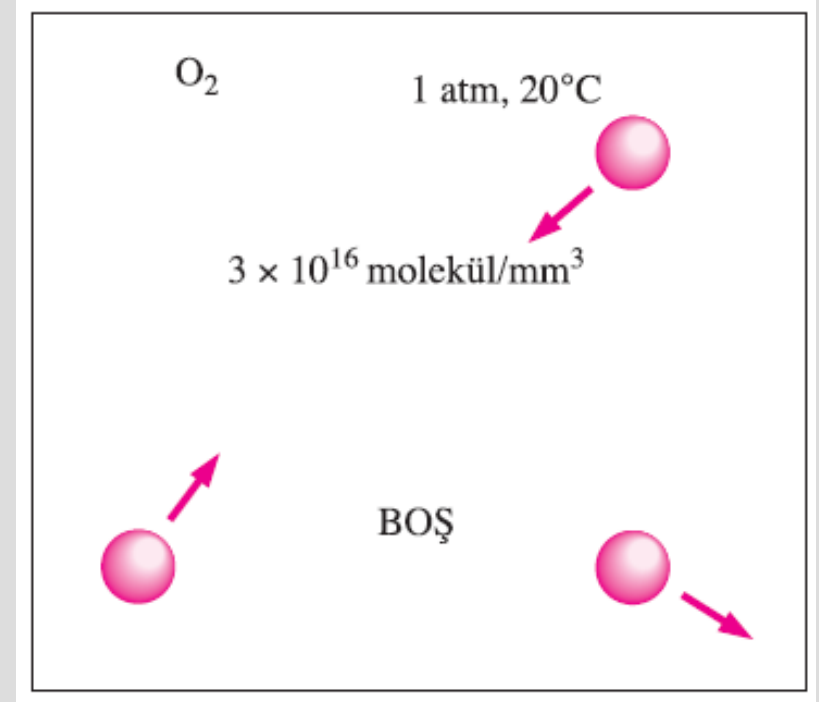
$$(e = E/m)$$



Yeğın ve yaygın özelliklerin ayırt edilmesi ölçütü.

Continuum (Sürekli Ortam)

- Bir maddenin atomik yapısının nasıl olduğunun önemsenmemesi ve boşluklar olmaksızın sürekli, aynı cinsten bir özdeş olarak dikkate alınması daha rahat bir yaklaşım olup, buna **sürekli ortam** (continuum) adı verilir.
- Sürekli dizi idealleştirilmesi bize özelliklerin nokta fonksiyonu olarak ele alınmasına ve süreksizliklerden kaynaklanan sıçramalar olmaksızın özelliklerin uzayda sürekli değiştiği kabulünün yapılmasına olanak sağlar.
- Bu yaklaşım dikkate alınan sistemin boyutları, moleküller arası boşluklara göre bağıl olarak büyük olduğu sürece geçerlidir.
- Gerçekte bu durumla tüm problemler de karşılaşılır.
- Bu bölümde yalnızca continuum kapsamında modellenebilen maddeler ile çalışmalar sınırlandırılacaktır.



Bir madde, moleküller arasındaki büyük boşluklara rağmen, aşırı ölçüde küçük bir hacimde bile çok fazla sayıda molekül bulunduğu için sürekli ortam olarak düşünülebilir.

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.

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



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

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

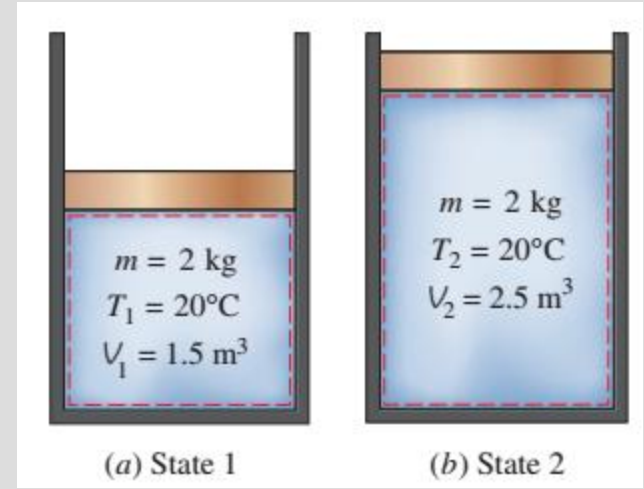
TABLO 1-3

Bazı maddelerin 0°C'de özgül ağırlıkları

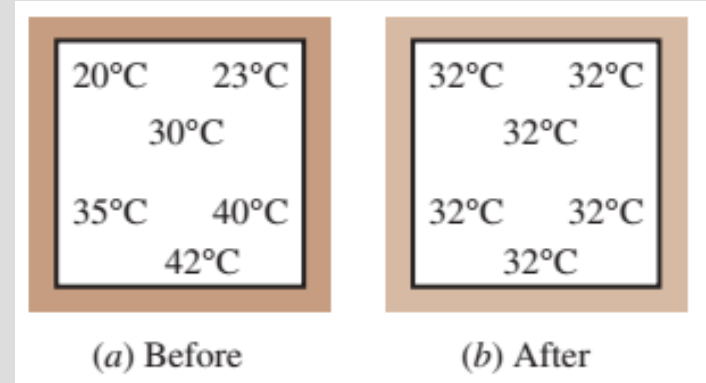
Madde	SG
Su	1.0
Kan	1.05
Deniz suyu	1.025
Gaz	0.7
Etil alkol	0.79
Civa	13.6
Odun	0.3-0.9
Altın	19.2
Kemik	1.7-2.0
Buz	0.92
Hava (1 atm'de)	0.0013

HAL VE DENGE

- Termodinamik *denge halleri* ile ilgilenir.
- **Denge:** Bir uzlaşma halini tanımlar.
- Denge halinde bulunan bir sistem içinde, değişimi zorlayan eşitlenmemiş bir potansiyel (ya da itici kuvvet) yoktur.
- **Isıl denge:** Sistemin her noktasında sıcaklık aynı ise
- **Mekanik denge:** Sistemin herhangi bir noktasında basıncın zamana göre değişmediği anlamına gelir.
- **Faz dengesi:** Eğer bir sistemde iki faz bulunup, her fazın kütlesi bir denge düzeyine eriştiğinde orada kalıyorsa
- **Kimyasal denge:** sistemin kimyasal bileşiminin zamanla değişmemesi, başka bir deyişle sistemde kimyasal reaksiyon olmaması anlamına gelir.



İki farklı halde bulunan bir sistem.



Isıl dengeye ulaşan bir kapalı sistem.

Hal Önermesi

- Sistemin halini belirlemek için gerekli özelliklerin sayısı *hal önermesi* ile bulunabilir:
 - ✓ *Basit sıkıştırılabilir bir sistemin hali iki bağımsız yeğin özeliği ile tanımlanabilir.*
- **Basit sıkıştırılabilir sistem:** Elektrik, manyetik, yerçekimi, hareket ve yüzey gerilmesi gibi olguların etkisi altında olmayan sisteme denir.



Azotun hali iki bağımsız yeğin özellik tarafından belirlenmiştir.

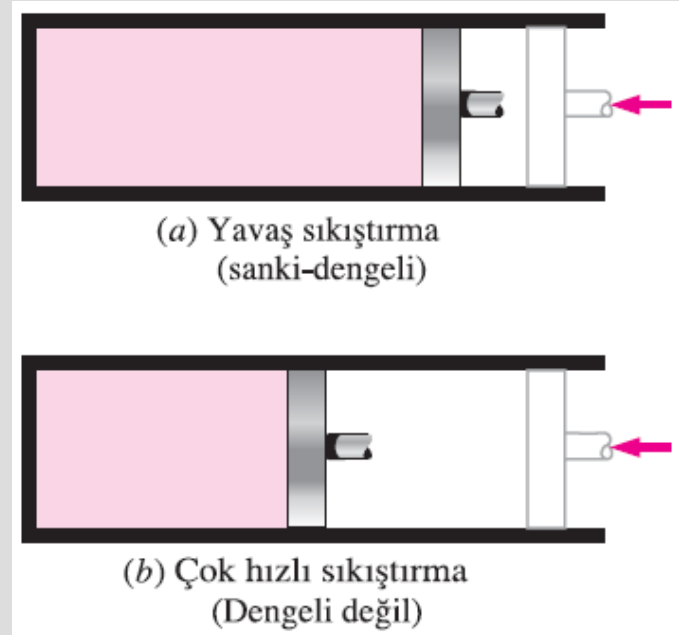
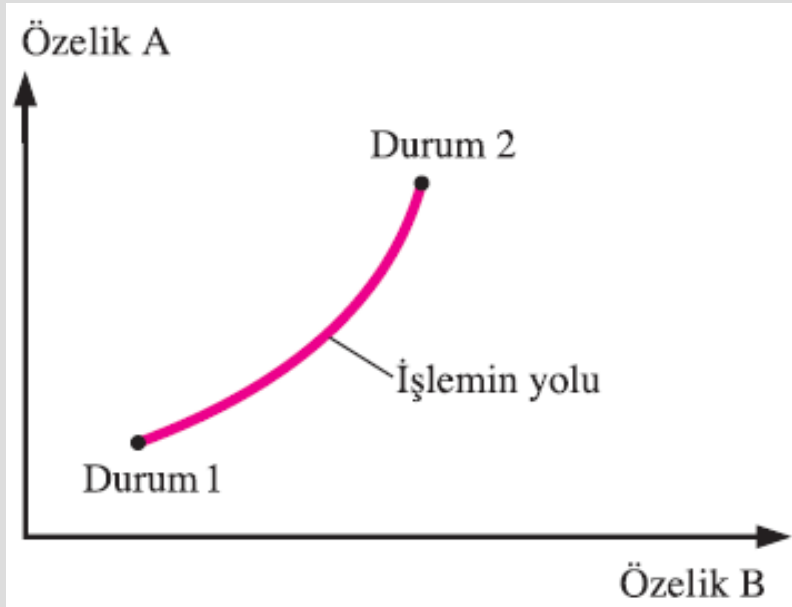
HAL DEĞİŞİMLERİ VE ÇEVİRİMLER

Hal değişimi: Sistemin bir denge halinden diğer bir denge haline geçişi.

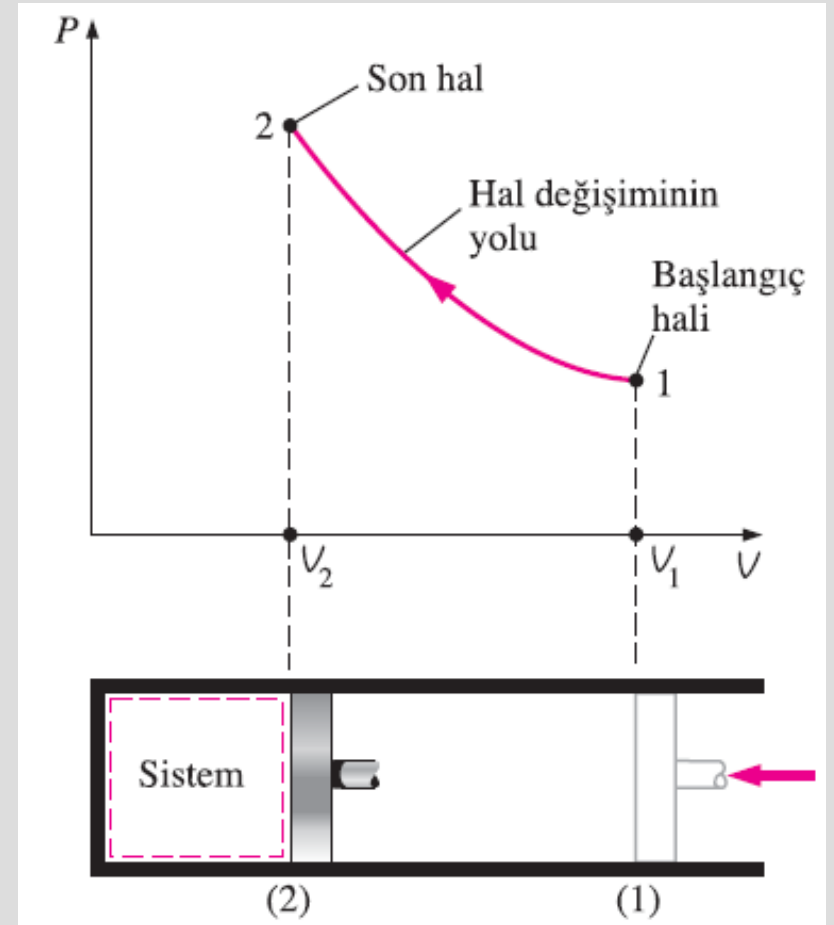
Yol: Bir hal değişimi sırasında sistemin geçtiği hallerden oluşan diziye de hal değişiminin yolu denir.

Bir hal değişimini tümüyle tanımlayabilmek için, sistemin ilk ve son halleri ile hal değişimi sırasında izlediği yolu ve çevreyle etkileşimlerini belirlemek gerekir.

Sanki-statik veya sanki dengeli süreci: Bir hal değişimi sırasında sistem her an denge haline son derece yakın kalıyorsa, sanki statik veya sanki dengeli olarak tanımlanır.



- Koordinat olarak alınan termodinamik özellikleri kullanarak çizilen hal değişimi diyagramları, hal değişimlerinin akılda canlandırılması açısından çok kullanışlıdır.
- Koordinat olarak kullanılan bazı bilinen özellikler sıcaklık T , basınç P ve hacim V (veya özgül hacim v) olarak sıralanabilir.
- Bazı hal değişimlerinde özelliklerden biri sabit kalabilir ve izo- öneki hal değişimi ile birlikte kullanılır.
- **İzotermal hal değişimi:** Bir hal değişimi sırasında T sıcaklığı sabit kalır.
- **İzobarik hal değişimi:** Bir hal değişimi sırasında P basıncı sabit kalır.
- **izokorik (veya izometrik) hal değişimi :** Bir hal değişimi sırasında özgül hacminin sabit kalır.
- **Çevrim:** Bir sistem geçirdiği bir dizi hal değişimi sonunda yeniden ilk haline dönmesine denir.

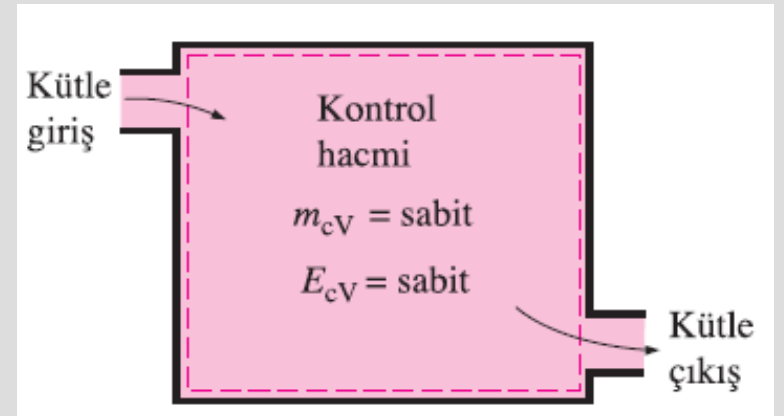
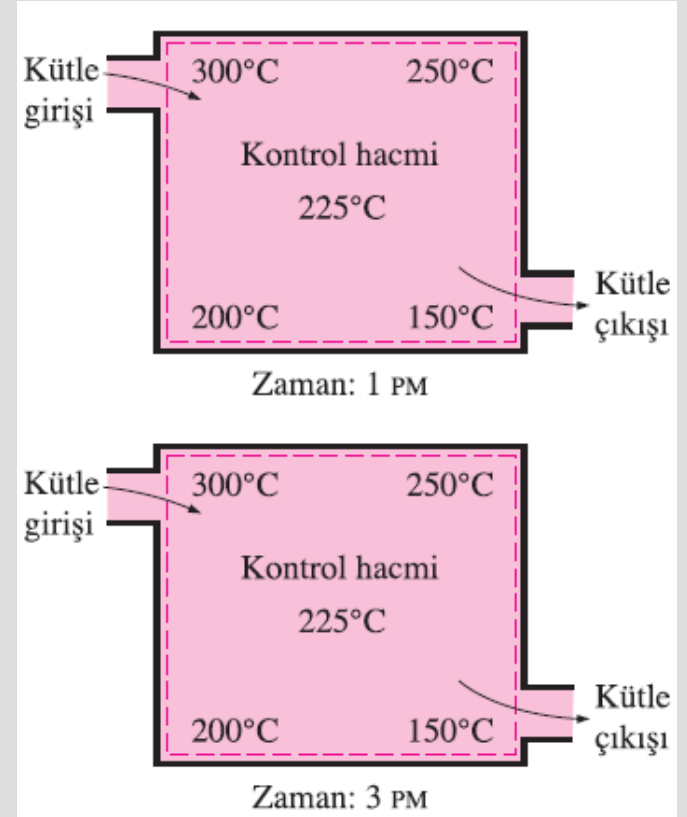


Sıkıştırma işleminin P-V diyagramı.

Sürekli Akış Hal Değişimleri

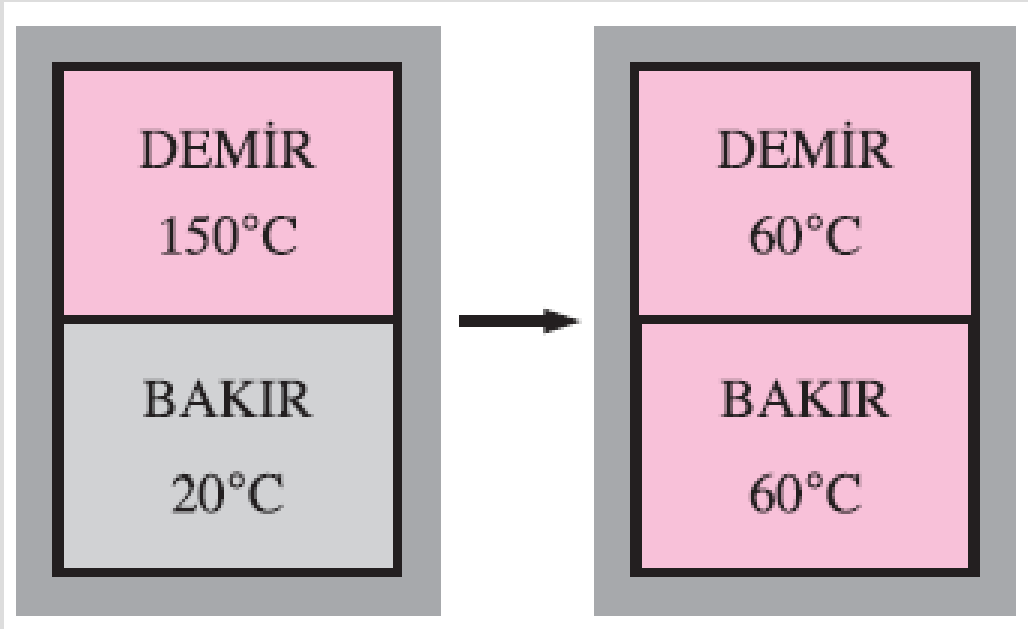
- **Sürekli** terimi zamana bağlı değişim göstermeyen anlamını içermektedir. Sürekli kelime olarak tersi **süreksiz** veya **kararsız** olmaktadır.
- Çok sayıda mühendislik aygıtı uzun süreler boyunca aynı koşullarda çalışırlar ve **sürekli akış makineleri** olarak sınıflandırılırlar.
- **Sürekli akış hal değişimi:** Bu hal değişimi bir kontrol hacmi içinden bir akışkanın sürekli olarak aktığı bir hal değişimi olarak tanımlanabilir.
- Sürekli çalışma amacı ile kullanılacak **türbin, pompa, kazan, yoğunlaştırıcı, ısı değiştirici** gibi cihazlar ile **soğutma ve elektrik santrali** gibi sistemlerde sürekli akış koşullarına oldukça yaklaşılr.

Sürekli akış işleminde, akışkan özellikleri kontrol hacmi içinde konumdan konuma değişebilir, fakat zamanla değişmez.



SICAKLIK VE TERMODİNAMİĞİN SIFIRINCI YASASI

- Termodinamiğin sıfırinci yasası : iki ayrı cismin bir üçüncü cisimle ısı dengede olması durumunda, birbirleri ile de ısı dengede olduklarını belirtir.
- Üçüncü cisim bir termometre ile yer değiştirirse, sıfırinci yasa şu şekilde yazılabilir: *her ikisi de aynı sıcaklık değerine sahip iki cisim birbirleriyle temas etmeseler bile ısı dengededirler.*

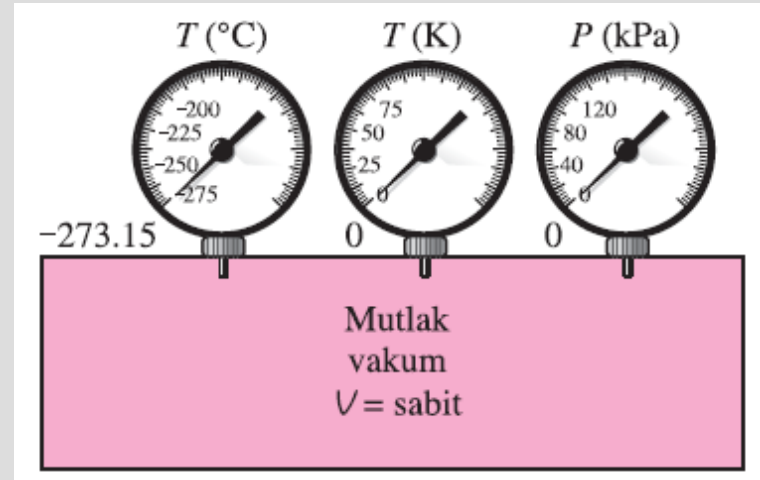
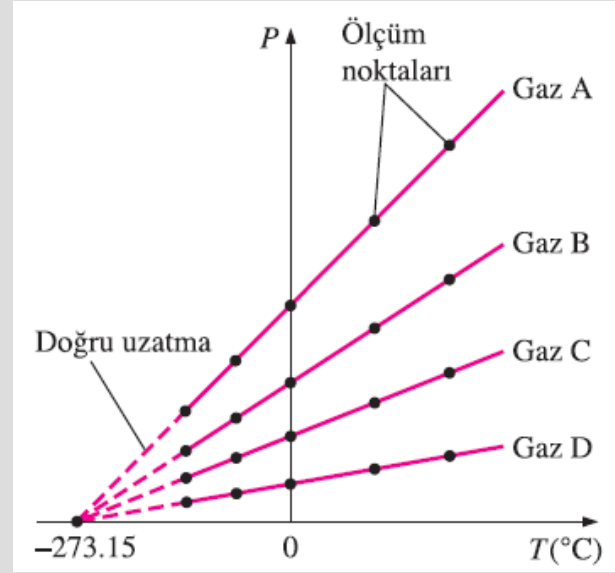


İzole bir çevrede temas halinde bulunan iki cismin ısı dengeye ulaşması.

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.

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

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

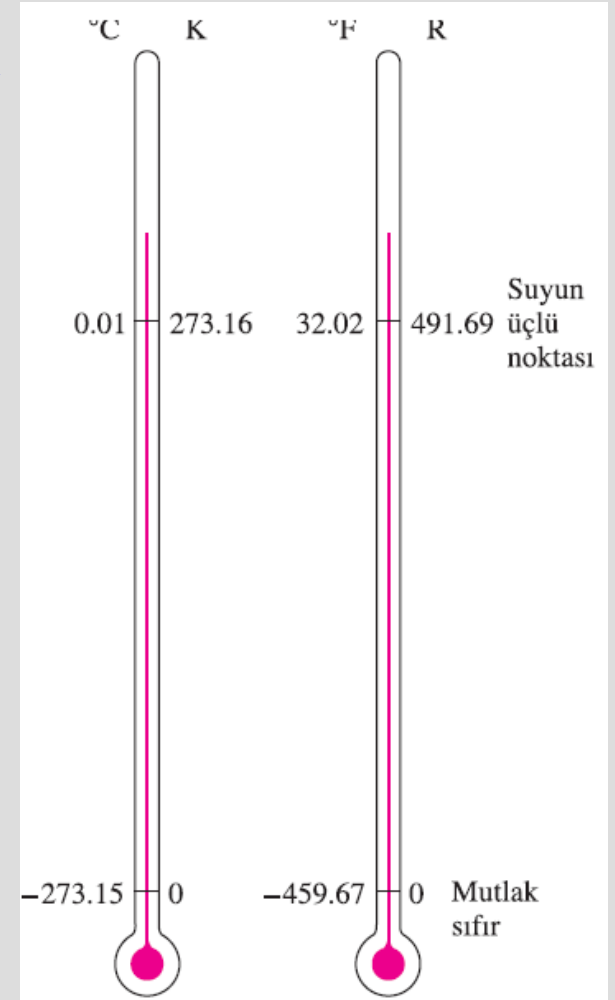
$$T(\text{R}) = 1.8T(\text{K})$$

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

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

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

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.

The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)

The *International Temperature Scale of 1990* supersedes the International Practical Temperature Scale of 1968 (IPTS-68), 1948 (IPTS-48), and 1927 (ITS-27).

The ITS-90 is similar to its predecessors except that it is more refined with updated values of fixed temperatures, has an extended range, and conforms more closely to the thermodynamic temperature scale.

On this scale, the unit of thermodynamic temperature T is again the kelvin (K), defined as the fraction $1/273.16$ of the thermodynamic temperature of the triple point of water, which is sole defining fixed point of both the ITS-90 and the Kelvin scale and is the most important thermometric fixed point used in the calibration of thermometers to ITS-90. The unit of Celsius temperature is the degree Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

The ice point remains the same at 0°C (273.15 K) in both ITS-90 and IPTS-68, but the steam point is 99.975°C in ITS-90 whereas it was 100.000°C in IPTS-68.

The change is due to precise measurements made by gas thermometry by paying particular attention to the effect of sorption (the impurities in a gas absorbed by the walls of the bulb at the reference temperature being desorbed at higher temperatures, causing the measured gas pressure to increase).

BASINÇ

Pressure: bir akışkanın birim alana uyguladığı kuvvet

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

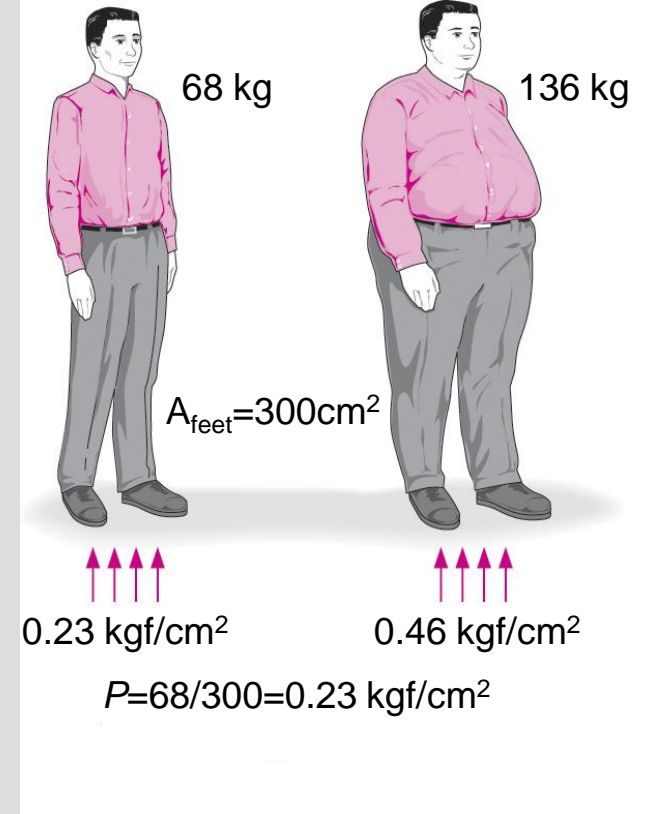
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

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

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



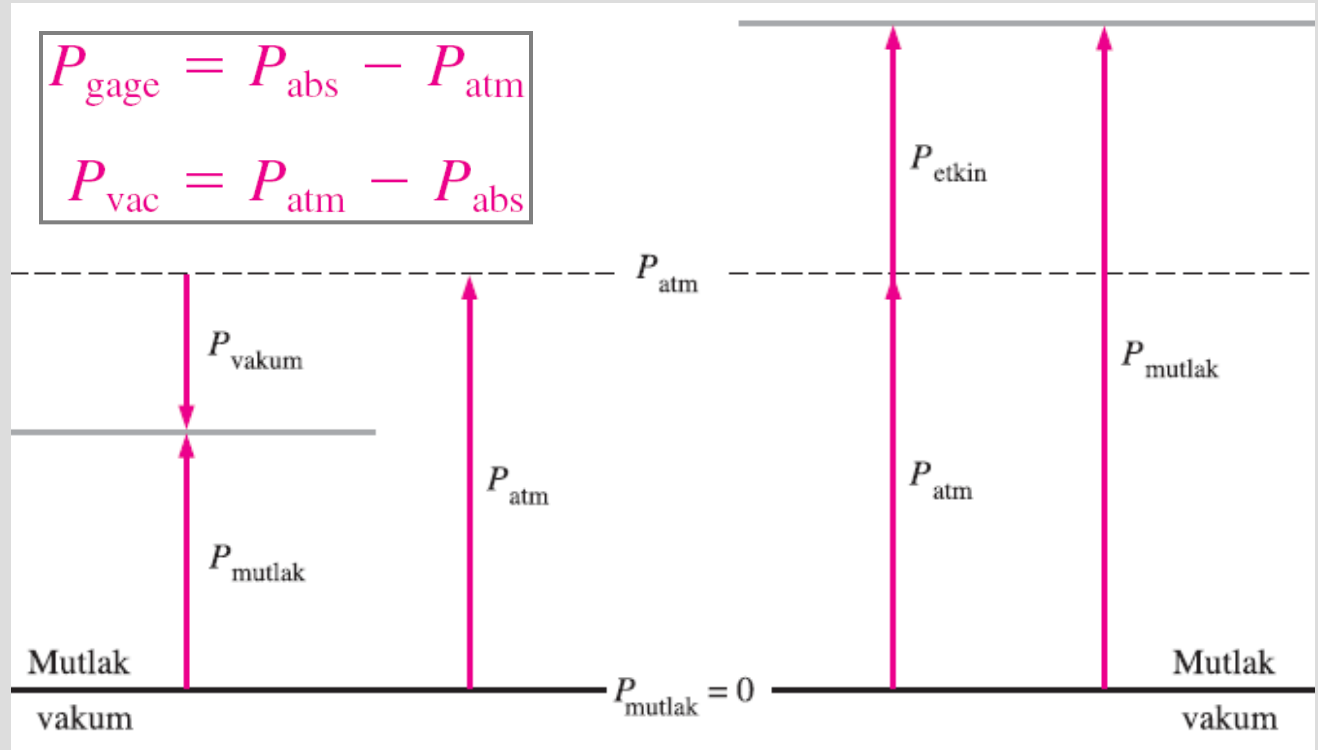
Bazı etkin basınç ölçüm cihazları.



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

- **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.

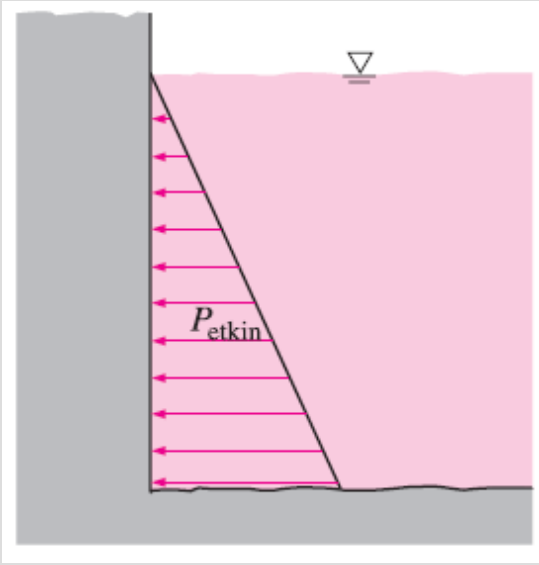
Bu yazıda aksi belirtilmedikçe P **mutlak basıncı** göstermek için kullanılacaktır.



Basıncın Derinlikle Değişimi

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g \Delta z = \gamma_s \Delta z$$

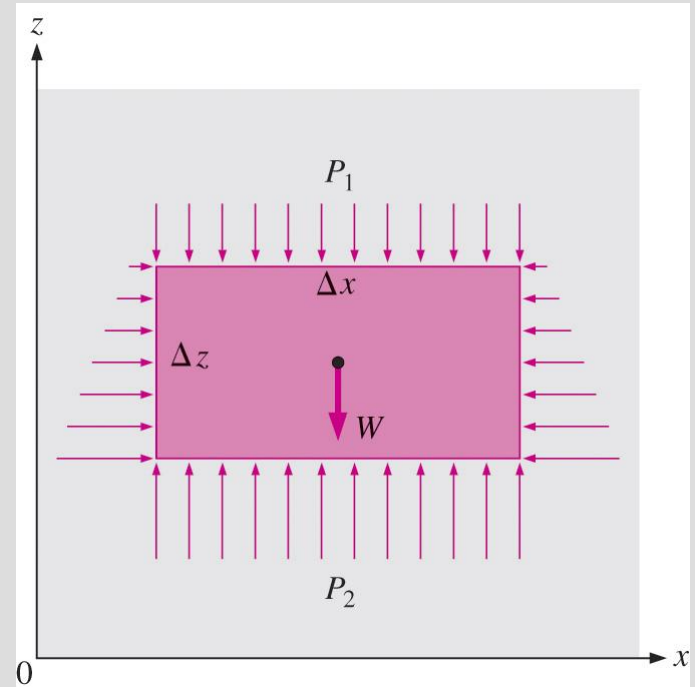
$$P = P_{\text{atm}} + \rho g h \quad \text{or} \quad P_{\text{gage}} = \rho g h$$



Durgun haldeki bir akışkanın basıncı toplanan ağırlığının bir sonucu olarak derinlikle artar.

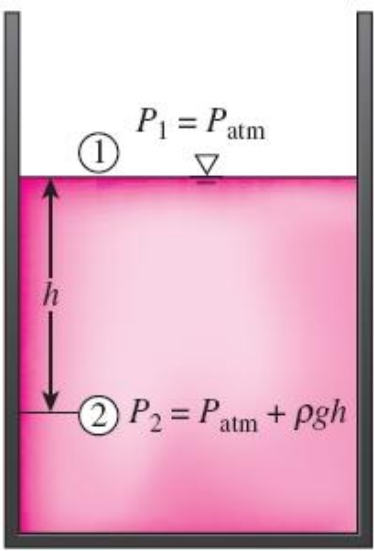
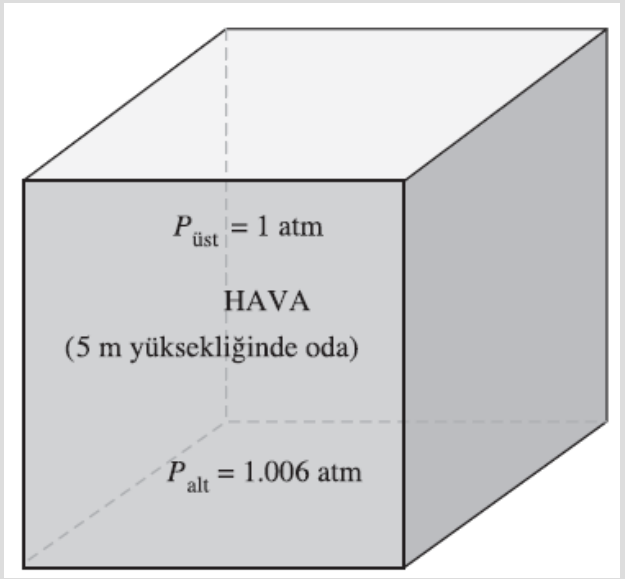
Yoğunluğun yükseklikle değişimi bilindiğinde

$$\Delta P = P_2 - P_1 = - \int_1^2 \rho g dz$$



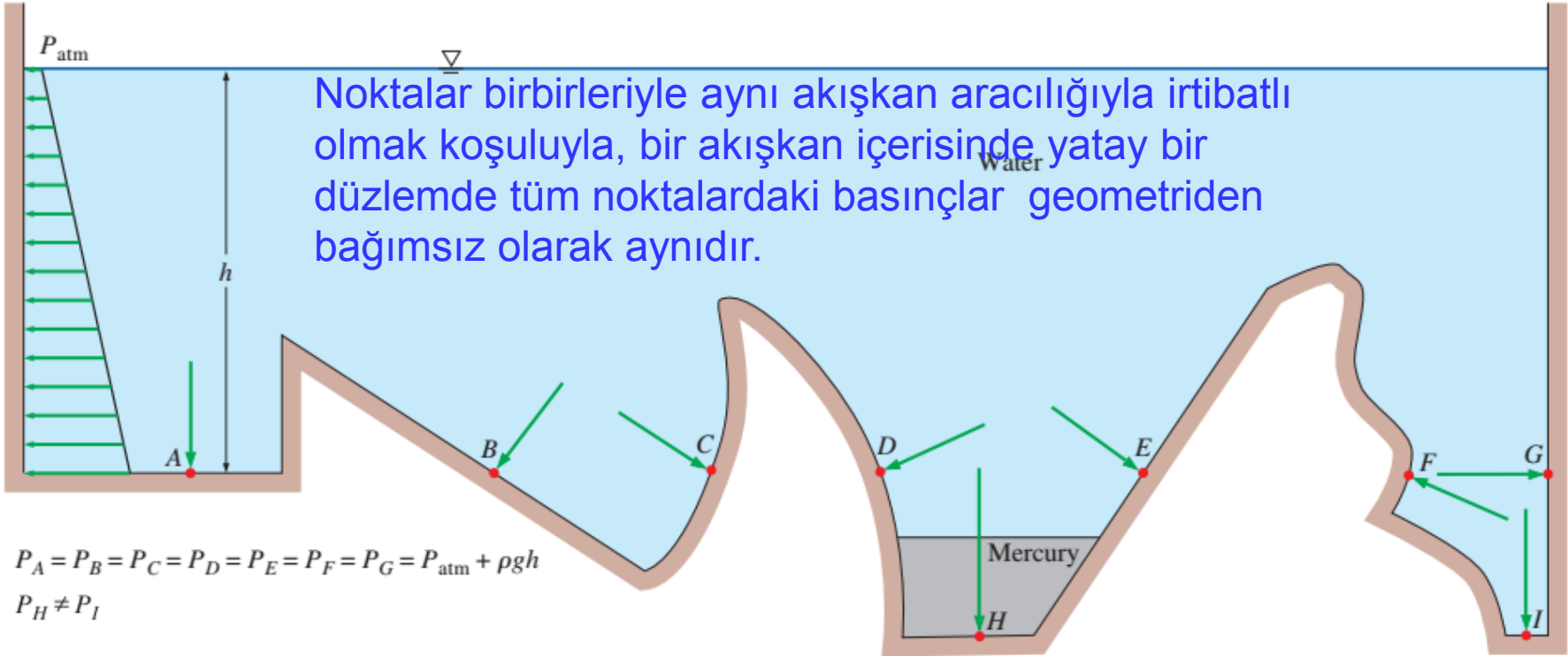
Dengede bulunan dikdörtgen bir akışkan elemanının serbest cisim diyagramı.

Bir gaz ile dolu odada basıncın yükseklikle değişimi ihmal edilebilir.



Durgun bir akışkan içerisindeki basınç, serbest yüzeyden itibaren derinlik ile doğru orantılı olarak artar.

Noktalar birbirleriyle aynı akışkan aracılığıyla irtibatlı olmak koşuluyla, bir akışkan içerisinde yatay bir düzlemde tüm noktalardaki basınçlar geometriden bağımsız olarak aynıdır.



$$P_A = P_B = P_C = P_D = P_E = P_F = P_G = P_{atm} + \rho g h$$

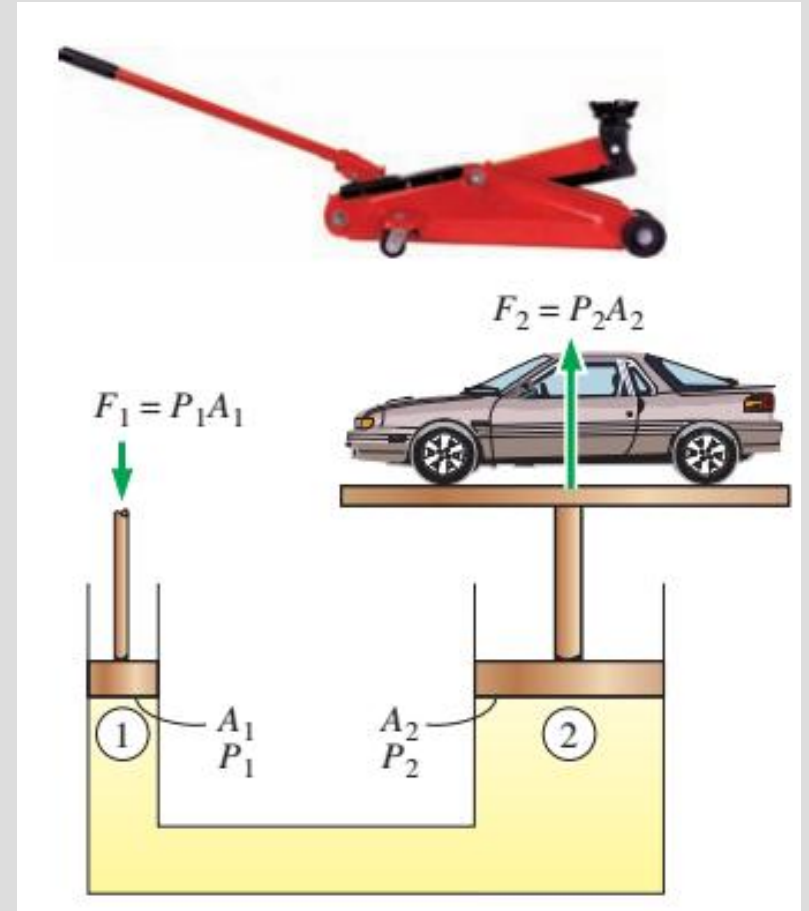
$$P_H \neq P_I$$

Pascal yasası: Kapalı durumdaki bir akışkana uygulanan basıncın, akışkan içerisindeki basıncı her yerde aynı miktarda arttırmıştır.

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

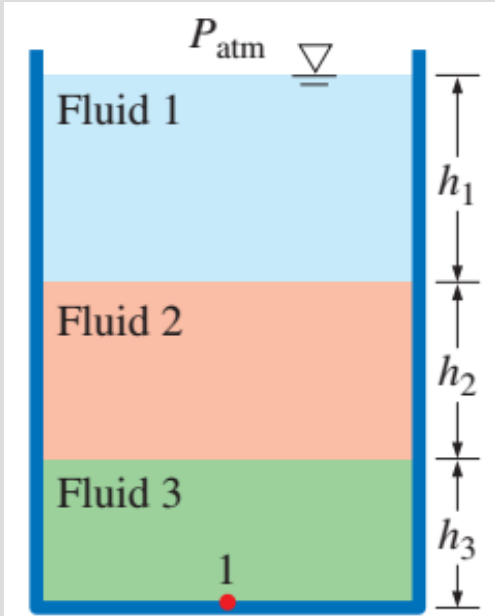
A_2/A_1 oranı, hidrolik kaldırıcının *ideal mekanik faydası* olarak adlandırılır.

Büyük bir ağırlığın, Pascal yasası uygulanarak küçük bir kuvvetle kaldırılması.



Manometre

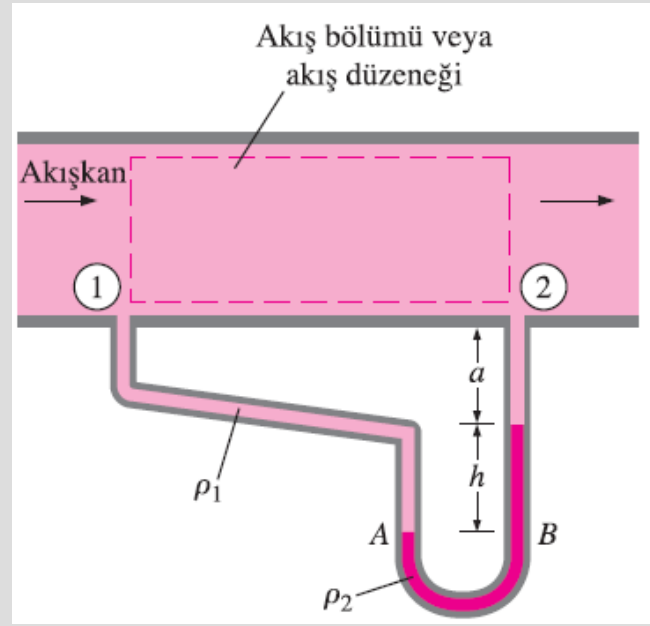
Manometreler küçük ve orta ölçekteki basınç farklarını ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir manometre temelde, civa, su, alkol veya yağ gibi içerisinde bir veya daha fazla akışkan bulunan cam ya da plastik bir U borusundan oluşur.



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

Üst üste akışkan tabakalarında, ρ yoğunluğuna sahip h yüksekliğindeki bir akışkan tabakasının bir ucundan diğer ucuna basınç değişimi $\rho g h$ 'dir.

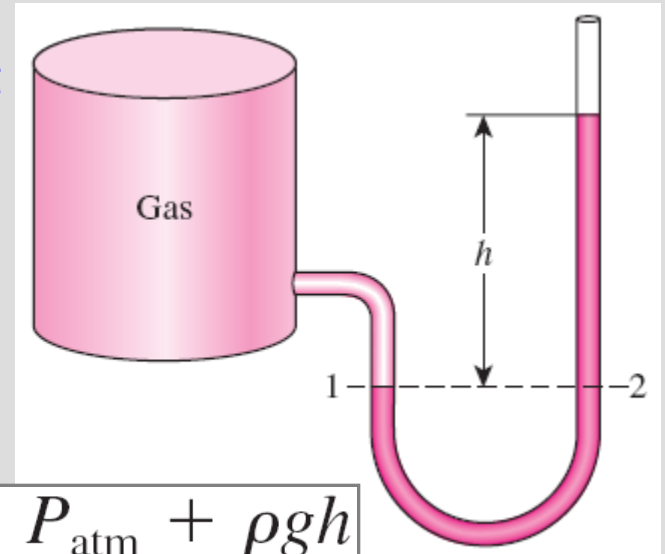
Bir akış bölümü veya akış düzeneği boyunca gerçekleşen basınç düşüşünün diferansiyel manometre ile ölçülmesi.



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

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

Basit manometre.



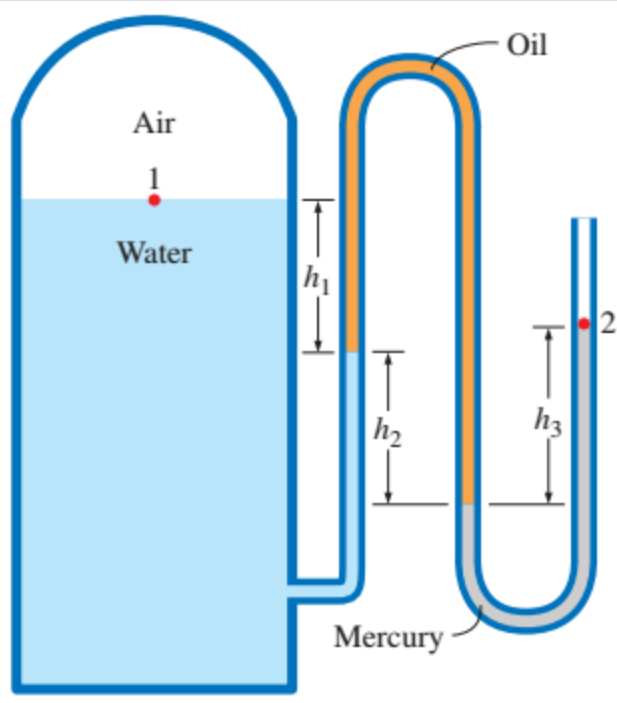
$$P_2 = P_{\text{atm}} + \rho g h$$

EXAMPLE 1–10 Measuring Pressure with a Multifluid Manometer

The water in a tank is pressurized by air, and the pressure is measured by a multifluid manometer as shown in Fig. 1–59. The tank is located on a mountain at an altitude of 1400 m where the atmospheric pressure is 85.6 kPa. Determine the air pressure in the tank if $h_1 = 0.1$ m, $h_2 = 0.2$ m, and $h_3 = 0.35$ m. Take the densities of water, oil, and mercury to be 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 , and $13,600 \text{ kg/m}^3$, respectively.

SOLUTION The pressure in a pressurized water tank is measured by a multifluid manometer. The air pressure in the tank is to be determined.

Assumption The air pressure in the tank is uniform (i.e., its variation with elevation is negligible due to its low density), and thus we can determine the pressure at the air–water interface.



Properties The densities of water, oil, and mercury are given to be 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 , and $13,600 \text{ kg/m}^3$, respectively.

Analysis Starting with the pressure at point 1 at the air–water interface, moving along the tube by adding or subtracting the ρgh terms until we reach point 2, and setting the result equal to P_{atm} since the tube is open to the atmosphere gives

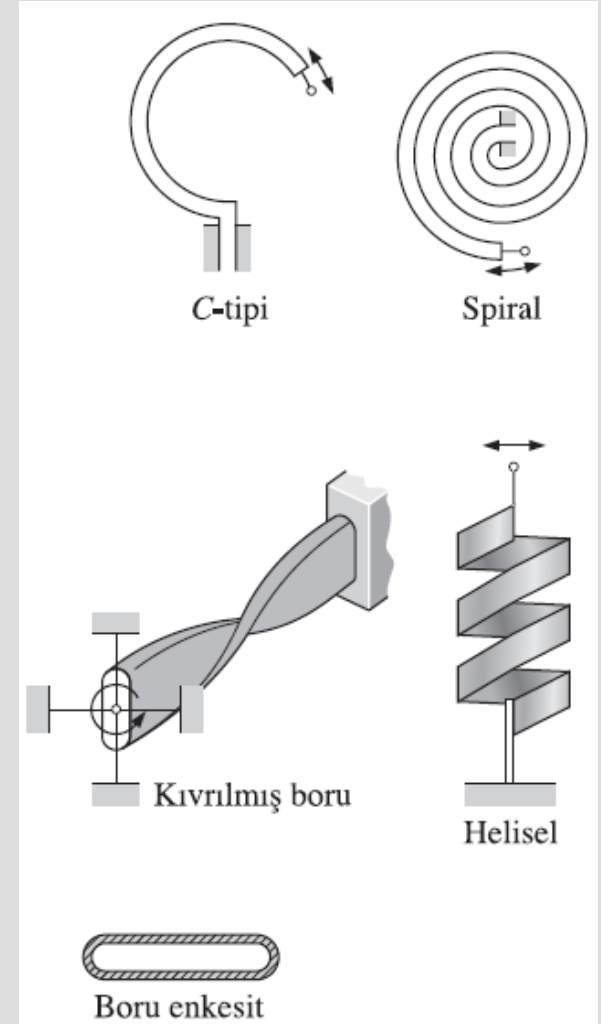
$$P_1 + \rho_{\text{water}}gh_1 + \rho_{\text{oil}}gh_2 - \rho_{\text{mercury}}gh_3 = P_2 = P_{\text{atm}}$$

Solving for P_1 and substituting,

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{\text{atm}} - \rho_{\text{water}}gh_1 - \rho_{\text{oil}}gh_2 + \rho_{\text{mercury}}gh_3 \\ &= P_{\text{atm}} + g(\rho_{\text{mercury}}h_3 - \rho_{\text{water}}h_1 - \rho_{\text{oil}}h_2) \\ &= 85.6 \text{ kPa} + (9.81 \text{ m/s}^2)[(13,600 \text{ kg/m}^3)(0.35 \text{ m}) - (1000 \text{ kg/m}^3)(0.1 \text{ m}) \\ &\quad - (850 \text{ kg/m}^3)(0.2 \text{ m})] \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right) \\ &= \mathbf{130 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

Diğer Basınç Ölçme Cihazları

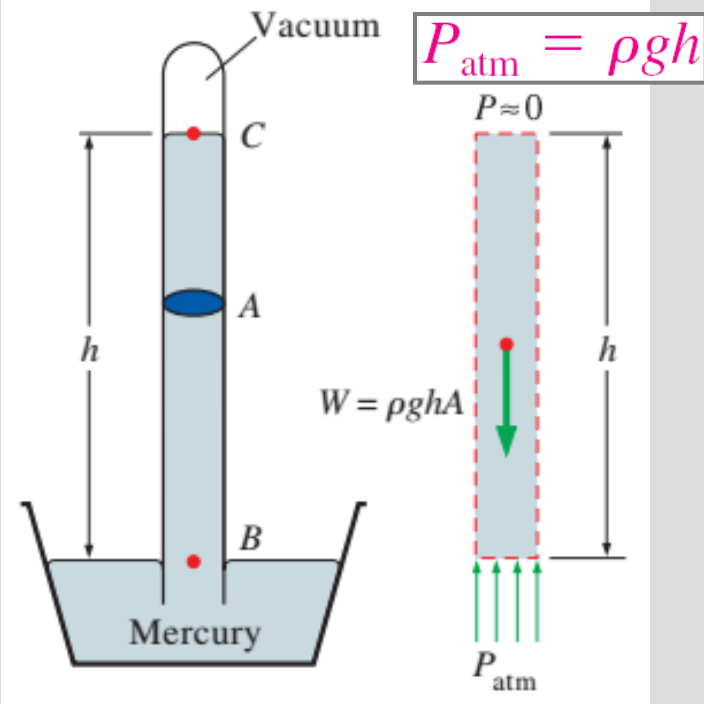
- **Bourdon borusu:** Bu cihaz, ucu kapalı ve bir kadran gösterge iğnesine bağlı bulunan kanca şeklinde bükülmüş bir metal boru halkasından oluşur.
- **Basınç dönüştürücüler:** Basınç etkisini gerilim, direnç veya sığadaki (kapasitans) bir değişim şeklinde elektriksel etkiye dönüştürmek için çeşitli 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.
- **Piyezoelektrik 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.

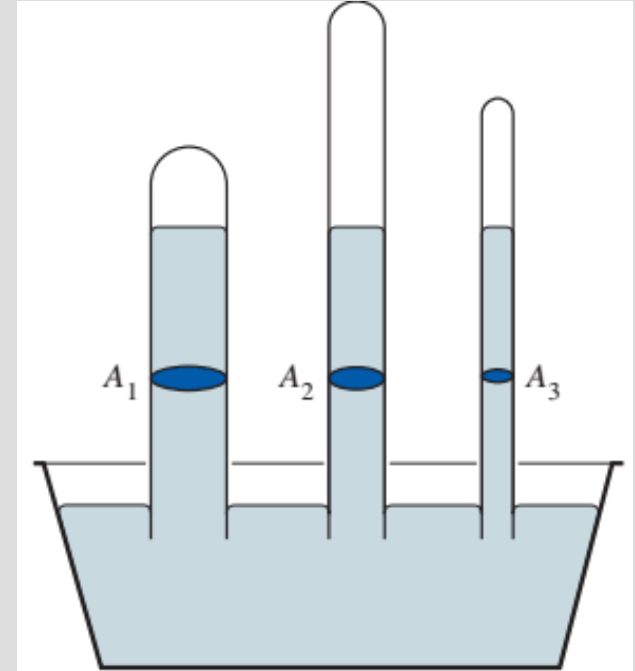
BAROMETRE VE ATMOSFERİK BASINÇ

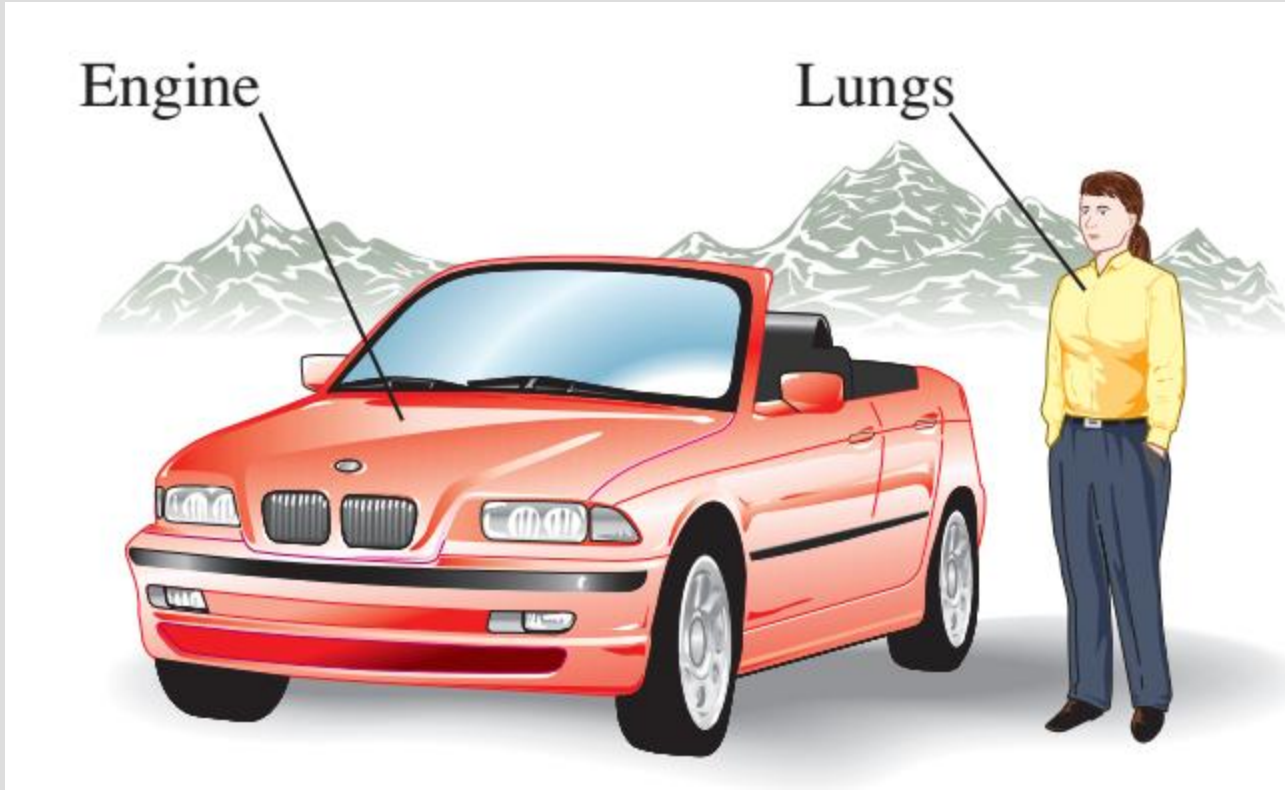
- Atmosferik basınç **barometre** denen bir cihazla ölçülür ve bu yüzden atmosferik basınç için genellikle **barometrik basınç** deyimi kullanılır.
- Sıkça kullanılan bir başka basınç birimi de, standart yerçekimi ivmesi ($g = 9.807 \text{ m/s}^2$) altında, 0°C 'deki 760 mm civa sütununun ($\rho_{\text{Hg}}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



Basit barometre.

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





Yüksek yerlerde bir araba motoru daha az güç üretir ve daha düşük hava yoğunluğundan dolayı bir kimse daha az oksijen alır.

PROBLEM-SOLVING TECHNIQUE

- 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) (Pronounced as ease):

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.

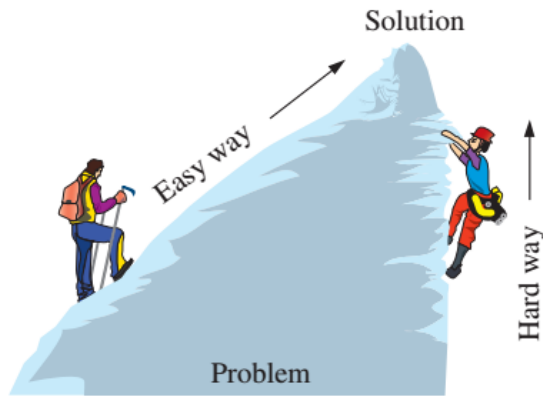


FIGURE 1-62

A step-by-step approach can greatly simplify problem solving.

- **Given:** Air temperature in Denver
- **To be found:** Density of air
- Missing information:** Atmospheric pressure
- **Assumption #1:** Take $P = 1 \text{ atm}$ (Inappropriate. Ignores effect of altitude. Will cause more than 15% error.)
- **Assumption #2:** Take $P = 0.83 \text{ atm}$ (Appropriate. Ignores only minor effects such as weather.)
-
-

FIGURE 1-63

The assumptions made while solving an engineering problem must be reasonable and justifiable.



FIGURE 1-65

An excellent word-processing program does not make a person a good writer; it simply makes a good writer a more efficient writer.

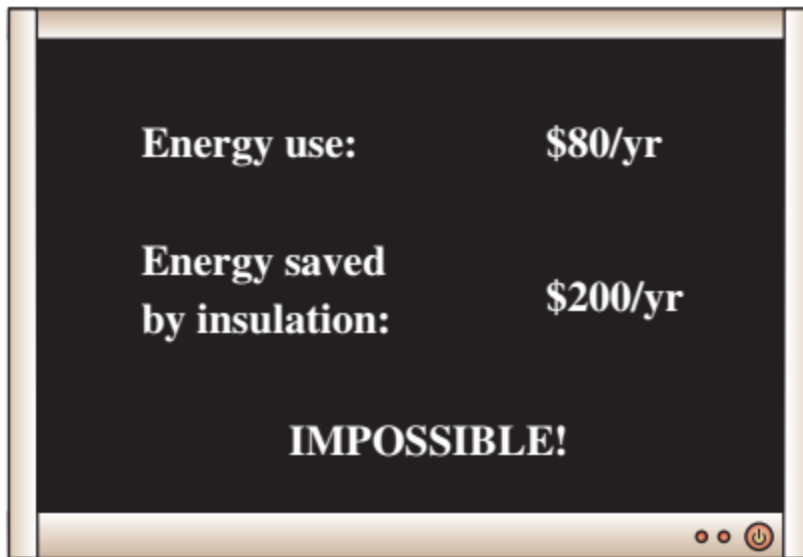


FIGURE 1-64

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



FIGURE 1-65

Neatness and organization are highly valued by employers.

Anlamlı Basamakların Belirlenmesi

Mühendislik hesaplamalarında, verilen bilgilerde, genellikle üçten fazla anlamlı basamak bulunmaz.

Bu nedenle, elde edilen sonuçlar da anlamlı basamaklardan daha kesin olamaz.

Sonuçlar verilirken çok fazla basamak sayısı verilmesi, olduğundan fazla bir hassasiyet anlamını taşır ki bundan kaçınılmaz.

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.

Summary

- Termodinamik ve enerji
 - ✓ Termodinamiğin uygulama alanları
- Boyutlar ve birimlerin önemi
 - ✓ Bazı SI ve İngiliz birimleri, boyutların türdeşliği, teknik dönüşüm oranları
- Sistemler ve kontrol hacimleri
- Sistemin özellikleri
 - ✓ Continuum
- Yoğunluk ve özgül ağırlık
- Hal ve denge
 - ✓ Hal önermesi
- Hal değişimleri ve çevrimler
 - ✓ Sürekli akış hal değişimleri
- Sıcaklık ve termodinamiğin sıfırıncı yasası
 - ✓ Temperature scales
 - ✓ ITS-90
- Basınç
 - ✓ Basıncın derinlikle değişimi
- Manometre ve atmosferik basınç
 - ✓ Other pressure measurement devices
- The barometer and atmospheric pressure
- Problem solving technique