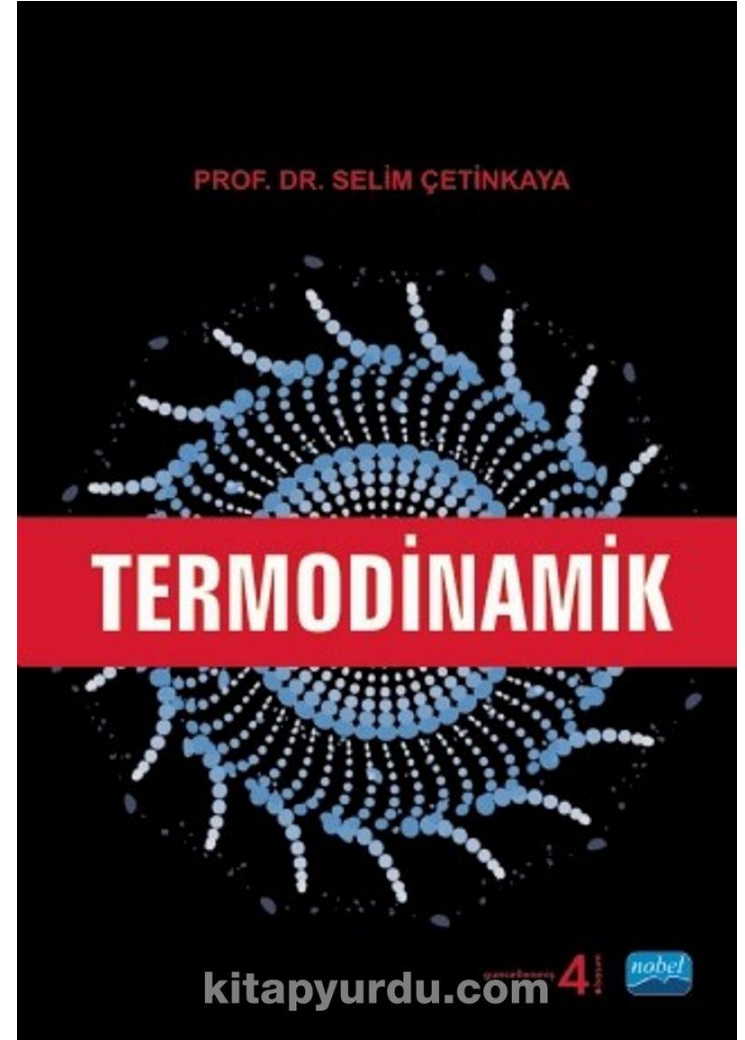
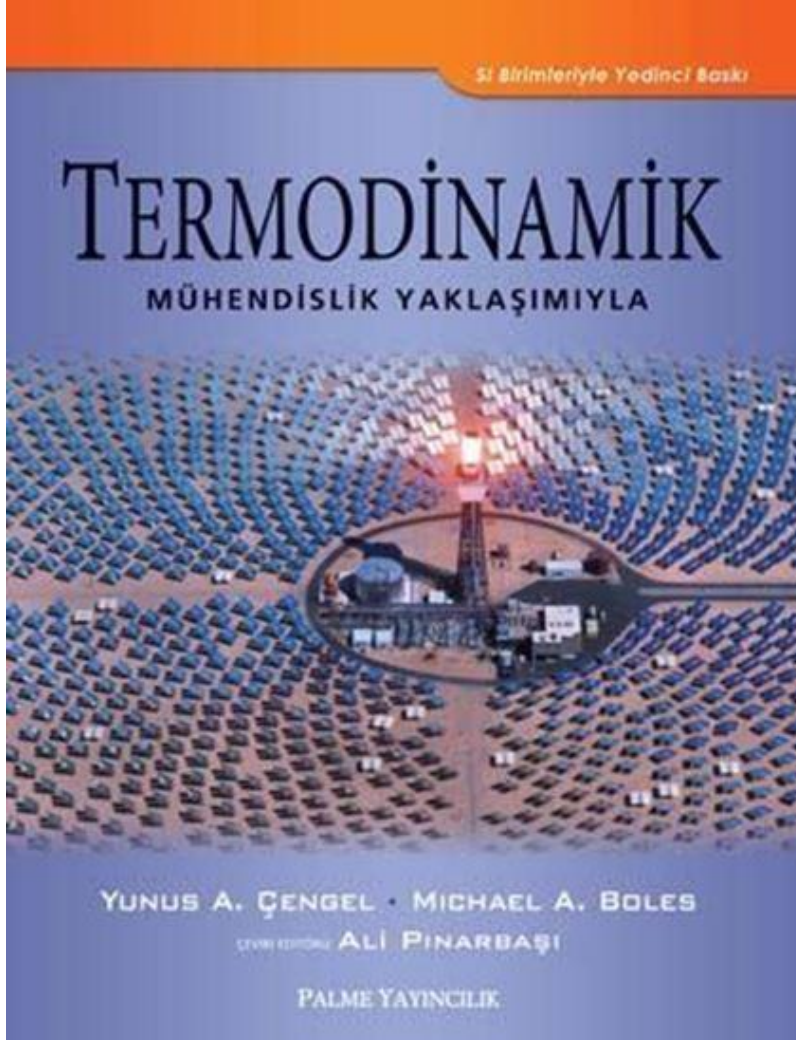


Ders Kitap Önerileri



Bölüm 1

GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

Amaçlar

- 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 İngiliz 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.

TERMODİNAMİK VE ENERJİ

Termodinamik: Enerjinin bilimi.

Enerji: Değişikliklere sebep olma yeteneği.

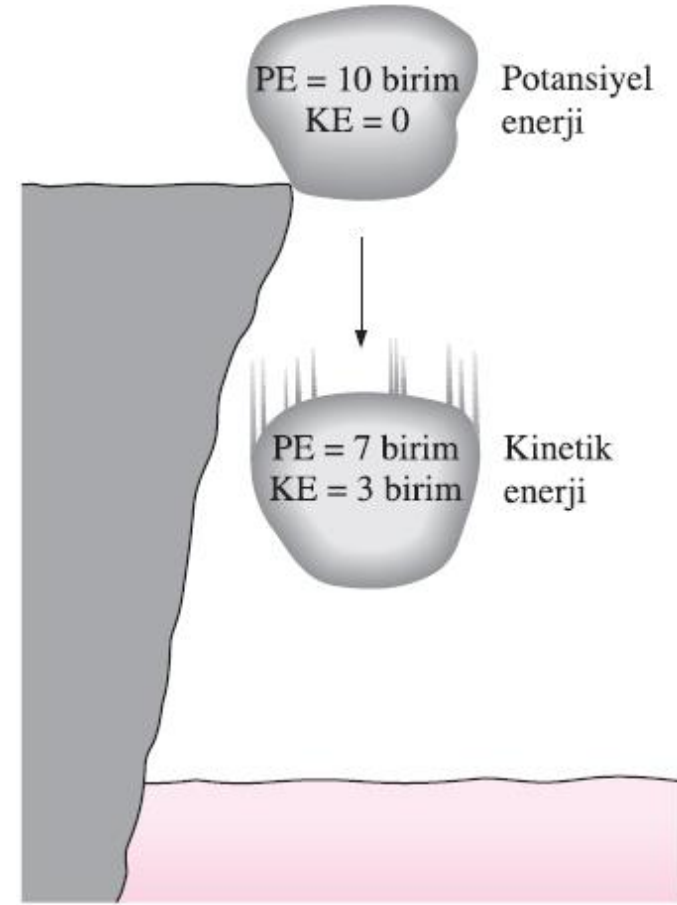
- Termodinamik sözcüğü, Latince therme (ısı) ile dynamis (güç) sözcüklerinden türemiştir.

Enerjinin korunumu prensibi: Bir etkileşim esnasında, enerji, bir formdan başka bir forma dönüşebilir, ama enerjinin toplam miktarı, sabit kalır.

- Enerji yaratılamaz veya yok edilemez.

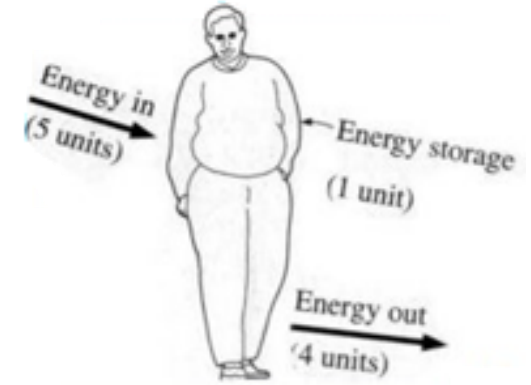
Termodinamiğin birinci yasası: Enerjinin korunumu ilkesini ifade eder.

- Birinci yasa enerjinin termodinamikle ilgili bir özellik olduğunu öne sürer.

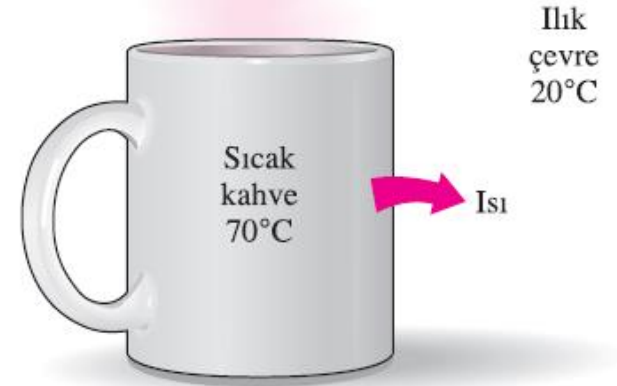


Enerji var veya yok edilemez
sadece biçim değiştirebilir (1.yasa)

- **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.

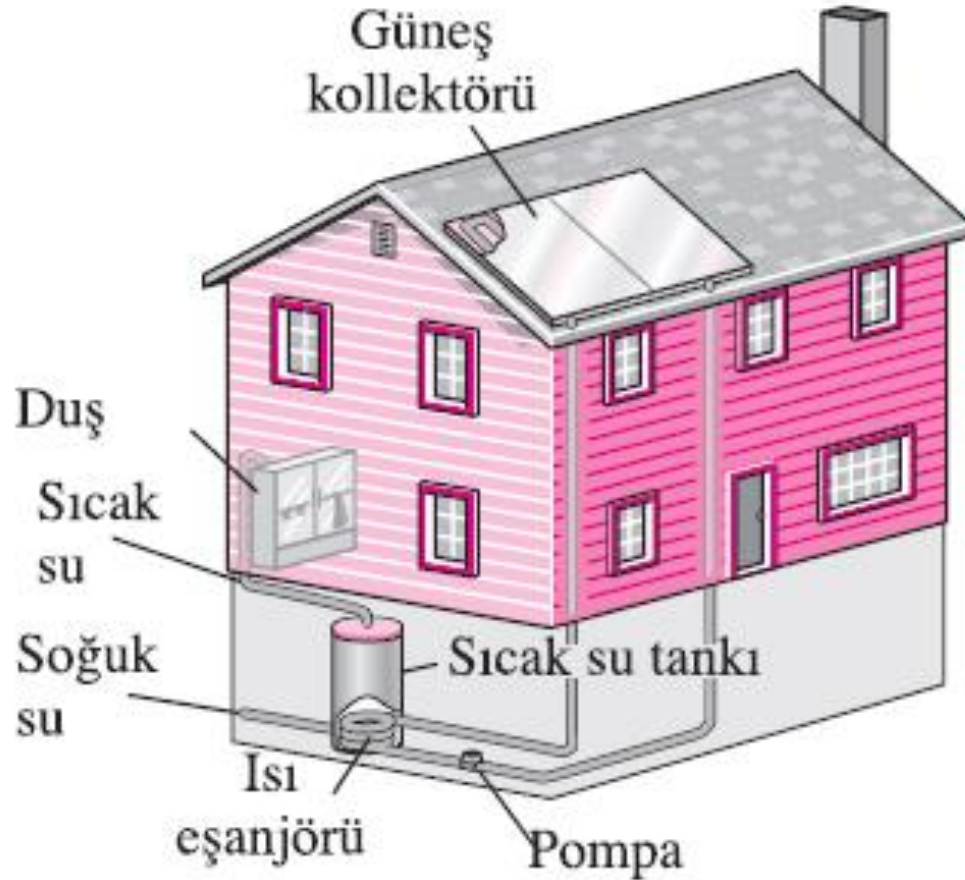


İnsan vücudu için enerjinin korunumu ilkesi



Isı geçişi sıcaklığın azaldığı yöne doğru olur.

Termodinamiğin Uygulama Alanları





Refrigerator

© McGraw-Hill Education, Jill Braaten



Boats

© Doug Menuez/Getty Images RF



Aircraft and spacecraft

© PhotoLink/Getty Images RF



Power plants

© Malcolm Fife/Getty Images RF



Human body

© Ryan McVay/Getty Images RF



Cars

© Mark Evans/Getty Images RF



Wind turbines

© F. Schussler/PhotoLink/Getty Images RF



Food processing

Glow Images RF



A piping network in an industrial facility.

Courtesy of UMDE Engineering Contracting and Trading. Used by permission

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.

Yedi ana boyut ve SI birimleri	
Boyut	Birim
Uzunluk, L	metre (m)
Kütle, m	kilogram(kg)
Zaman, t	saniye (s)
Sıcaklık, T	kelvin (K)
Elektrik akımı, I	amper (A)
Işık şiddeti, I_v	candel (cd)
Madde miktarı, n	mol (mol)

SI Birimindeki Standart Örnekler

10'un katı	Örnek
10^{12}	Tera, T
10^9	Giga, G
10^6	Mega, M
10^3	Kilo, k
10^{-2}	santi, c
10^{-3}	mili, m
10^{-6}	mikro, n
10^{-9}	nano, n
10^{-12}	piko, p

TABLE 1-2

Standard prefixes in SI units

Multiple	Prefix
10^{24}	yotta, Y
10^{21}	zetta, Z
10^{18}	exa, E
10^{15}	peta, P
10^{12}	tera, T
10^9	giga, G
10^6	mega, M
10^3	kilo, k
10^2	hecto, h
10^1	deka, da
10^{-1}	deci, d
10^{-2}	centi, c
10^{-3}	milli, m
10^{-6}	micro, μ
10^{-9}	nano, n
10^{-12}	pico, p
10^{-15}	femto, f
10^{-18}	atto, a
10^{-21}	zepto, z
10^{-24}	yocto, y

Bazı SI and İngiliz Birimleri

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

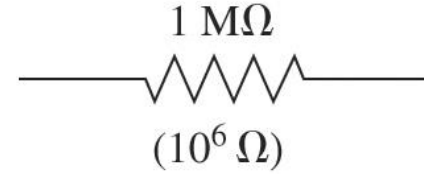
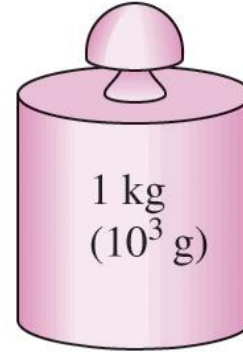
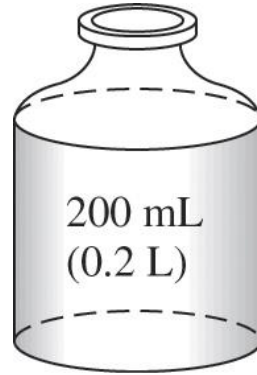
$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

$$\text{İş} = \text{Kuvvet} \times \text{Yol}$$

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

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

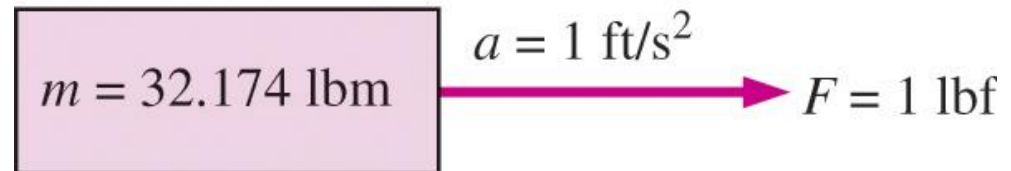
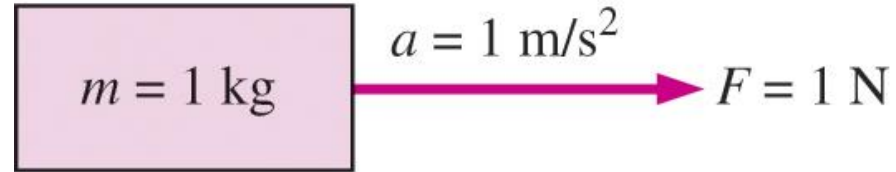
$$1 \text{ Btu} = 1.0551 \text{ kJ}$$



SI birim sistemindeki örnekler bütün mühendislik dallarında kullanılır.

$$\text{Kuvvet} = (\text{Kütle}) (\text{İvme})$$

$$F = ma$$



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

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

Kuvvet birimlerinin tanımı.

SI ve İngiliz birim sistemlerinde bazı büyüklüklerin birimleri Tablo 1.1’de verilmektedir.

Tablo 1.1. Dönüştürme Çarpanları

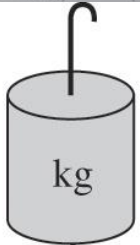
Büyüklik	Sembol	SI birimi	İngiliz Birimi	İngiliz birim sisteminden SI sistemine çevirmek için aşağıdaki çarpan ile çarpınız
Uzunluk	L	m	ft	0.3048
Kütle	m	kg	lbm (paund)	0.4536
Zaman	t	s	sec	1
Alan	A	m ²	ft ²	0.09290
Hacim	V	m ³	ft ³	0.02832
Hız	V	m/s	ft/sec	0.3048
İvme	a	m/s ²	ft/sec ²	0.3048
Açısal hız	w	rad/s	rad/sec	1
		rad/s	dev/dak	9.55
Kuvvet, ağırlık	F, W	N	lbf	4.448
Yoğunluk	ρ	kg/m ³	lbm/ft ³	16.02
Özgül ağırlık	γ	N/m ³	lbf/ft ³	157.1
Basınç, gerilme	ρ, σ, τ	kPa	psi	6.895
İş, enerji	W, E, U	J	ft-lbf	1.356
Güç	W	W	ft-lbf/sec	1.356
		W	hp	746



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

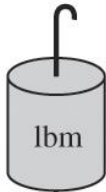
W Ağırlık
 m kütle
 g Yerçekimi ivmesi

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



$$g = 9.807 \text{ m/s}^2$$

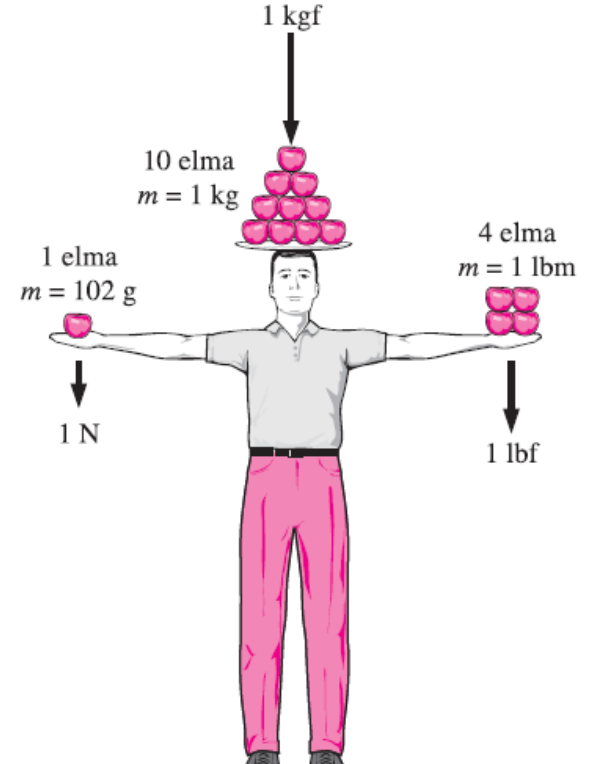
$$\begin{aligned} W &= 9.807 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \\ &= 9.807 \text{ N} \\ &= 1 \text{ kgf} \end{aligned}$$



$$g = 32.174 \text{ ft/s}^2$$

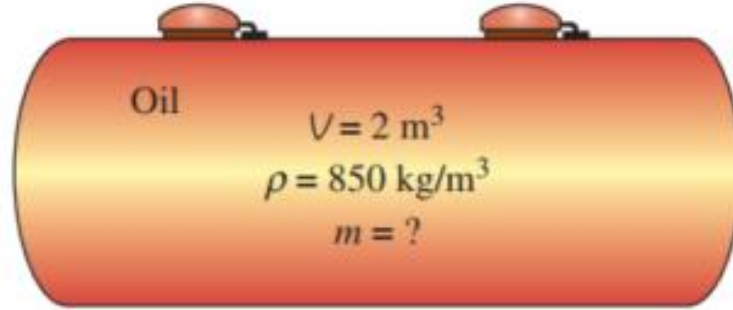
$$\begin{aligned} W &= 32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft/s}^2 \\ &= 1 \text{ lbf} \end{aligned}$$

Bir birim kütlenin deniz seviyesindeki ağırlığı.



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

Örnek: Bir depo, yoğunluğu $\rho=850 \text{ kg/m}^3$ olan yağ ile doldurulmuştur. Depo hacmi $V=2 \text{ m}^3$ olduğuna göre, yağın kütlesi m nedir?



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 denklemdeki tüm terimlerin birimleri aynı olmalıdır.

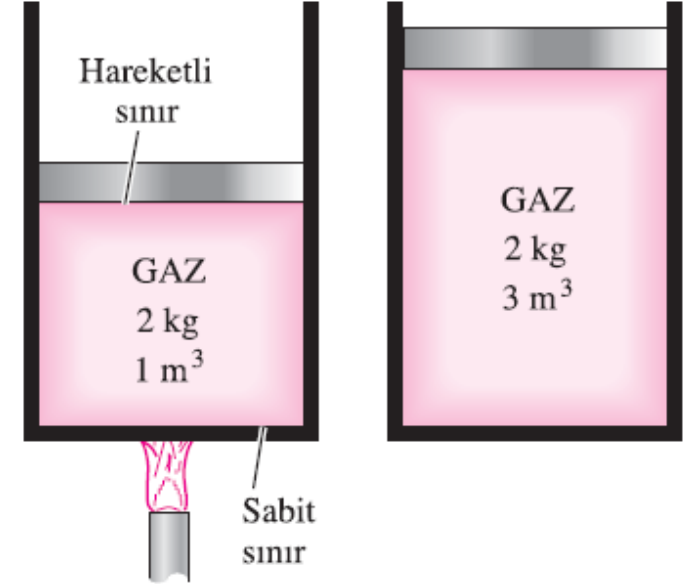
SİSTEMLER VE KONTROL HACİMLERİ

Sistem: Belirli bir kütleyi veya uzayın incelenmek üzere ayrılan bir bölgesini belirtir.

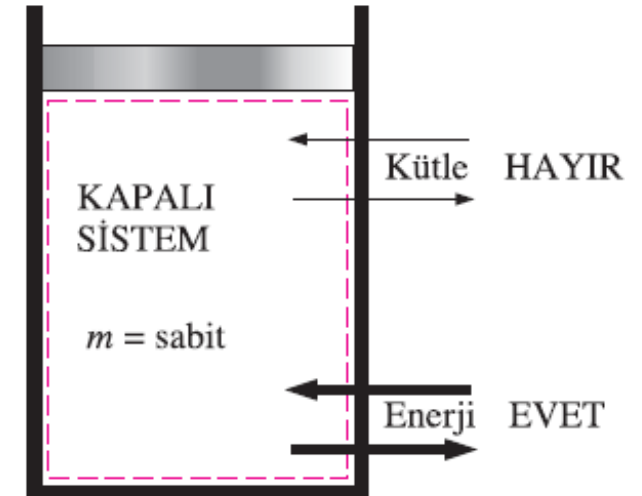
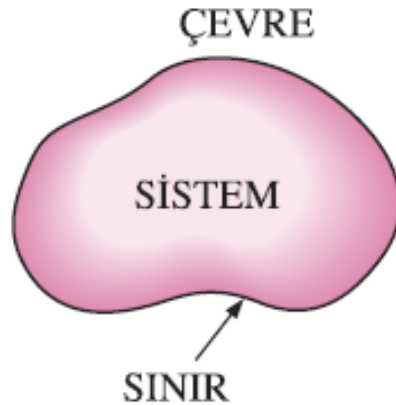
Çevre: Sistemin dışında kalan kütle veya bölge

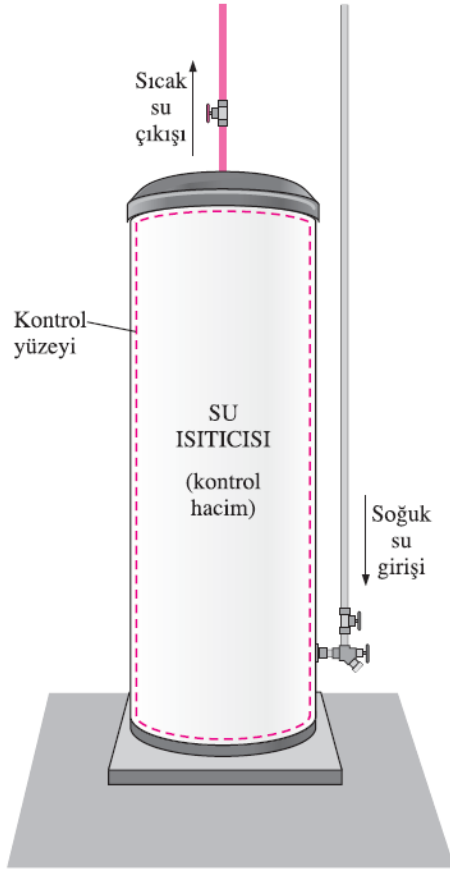
Sınır: Sistemi çevresinden ayıran gerçek veya hayali yüzey

- Sistemin sınırları *sabit* veya *hareketli* olabilir.
- Sistemler *kapalı* veya *açık* diye nitelendirilirler.



Kapalı sistem (Kontrol ünitesi): Sınırlarından kütle geçişi olmayan sabit bir kütledir.

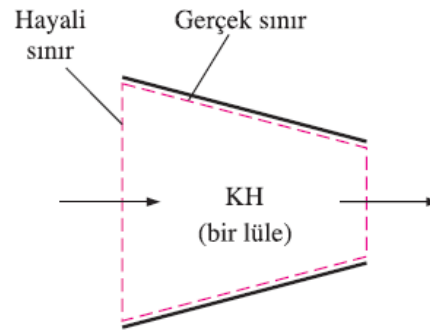




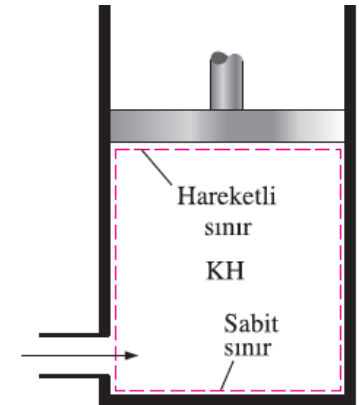
Açık sistem(kontrol hacmi) (KH): Problemin çözümüne uygun bir şekilde seçilmiş uzayda bir bölgedir.

- Genellikle kompresör, türbin, lüle 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.



(a) Gerçek ve hayali sınırlı bir kontrol hacmi



(b) Sabit ve hareketli sınırlı bir kontrol hacmi

Tek girişli ve tek çıkışlı açık sistem (kontrol hacmi)

SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ

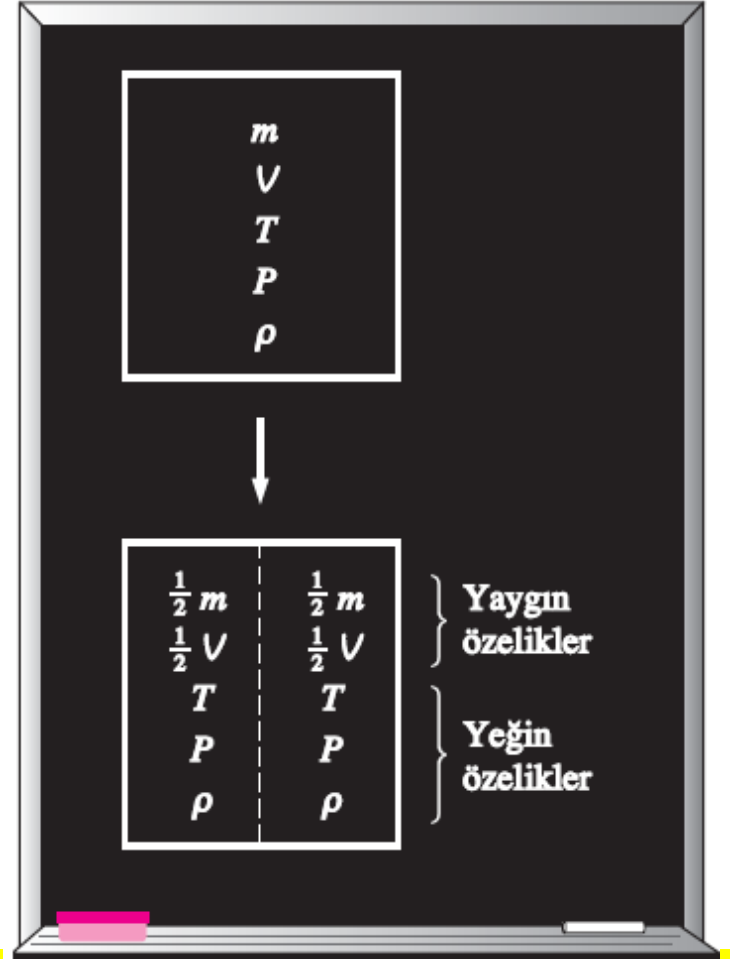
Özellik: Herhangi bir sistemin karakteristiği.

- 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.

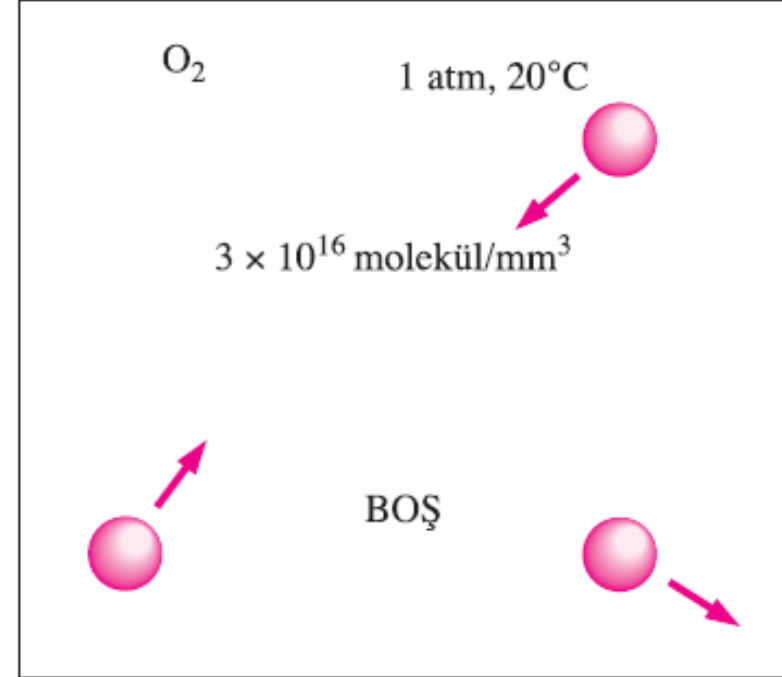
Özgöl özellikler: Birim kütle için yaygın özellikler özgöl ön eki ile ifade edilir.



Yeğın ve yaygın özelliklerin ayırt edilmesi ölçütü.

Sürekli Dizi (Continuum)

- 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 dizi**(continuum) adı verilir.
- Sürekli dizi idealleştirmesi 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

$$BY = \frac{\rho}{\rho_{su}}$$

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

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.

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



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

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

HAL VE DENGE

Termodinamik denge halleri ile ilgilenir.

Denge: Bir uzlaşma halini tanımlar.

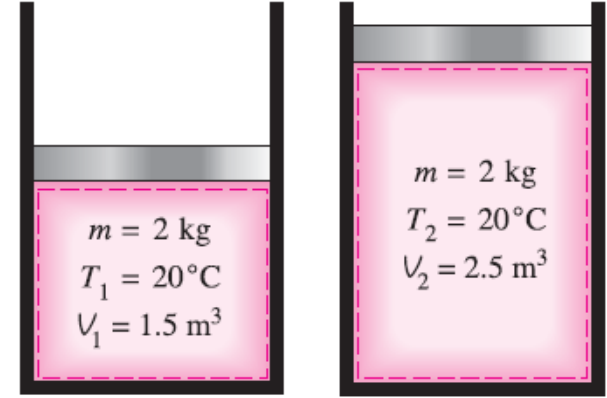
- Denge halinde bulunan bir sistem içinde, değişimi zorlayan eşitlenmemiş bir potansiyel (ya da itici kuvvet) yoktur.

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

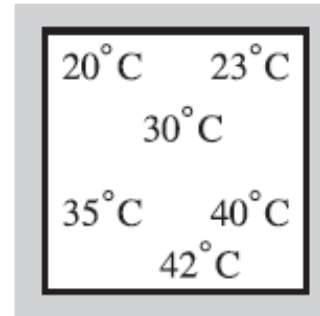
Kimyasal denge: sistemin kimyasal bileşiminin zamanla değişmemesi, başka bir deyişle sistemde kimyasal reaksiyon olmaması anlamına gelir.



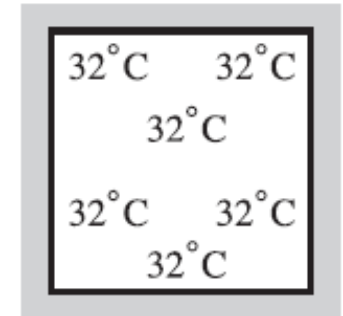
(a) Durum 1

(b) Durum 2

İki farklı halde bulunan bir sistem.



(a) Önce

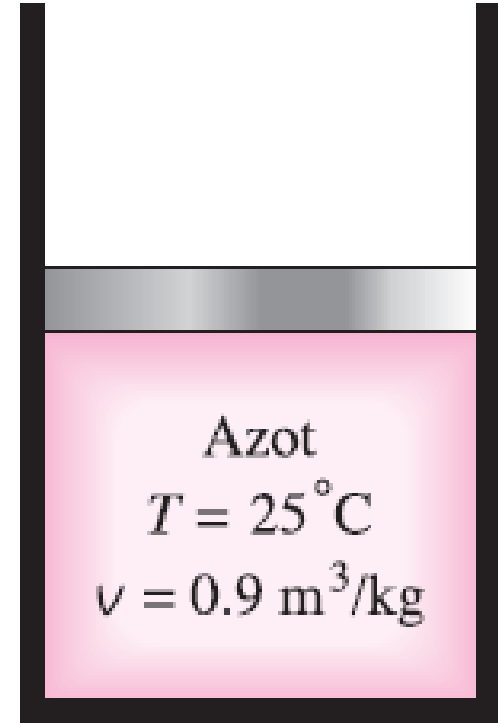


(b) Sonra

Isıl dengeye ulaşan bir kapalı sistem.

Hal Önermesi (Postulası)

- 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.



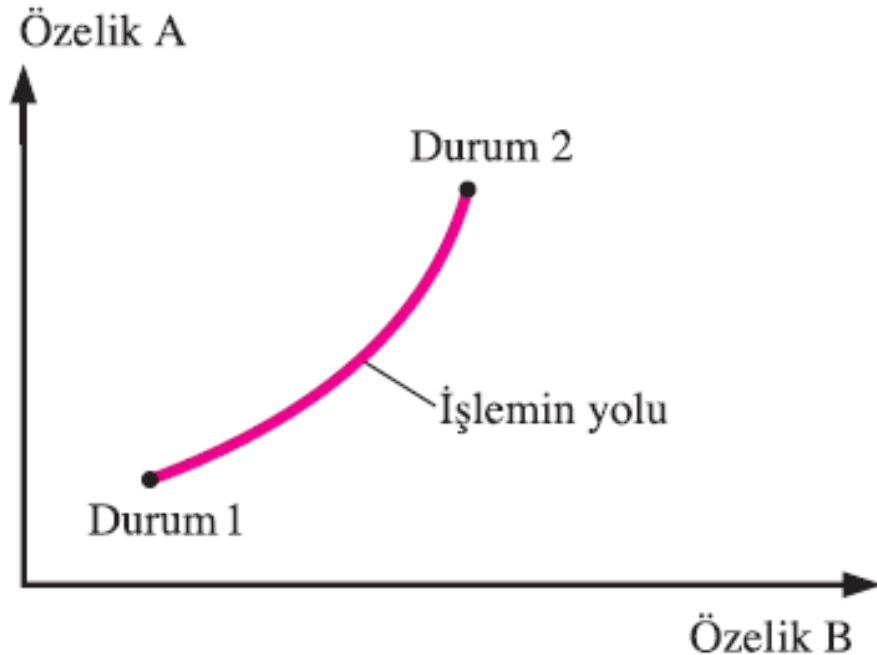
Azotun hali iki bağımsız yeğin özellik tarafından belirlenmiştir.

HAL DEĞİŞİMLERİ VE ÇEVİRİMLER

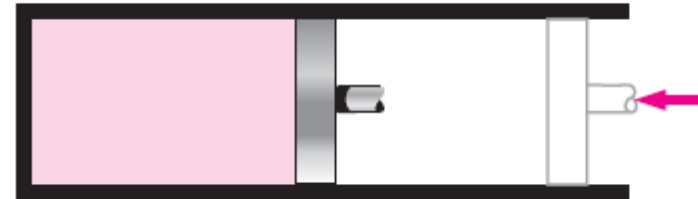
Hal değişimi: Sistemin bir denge halinden diğer bir denge haline geçişi

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.



(a) Yavaş sıkıştırma
(sanki-dengeli)



(b) Çok hızlı sıkıştırma
(Dengeli değil)

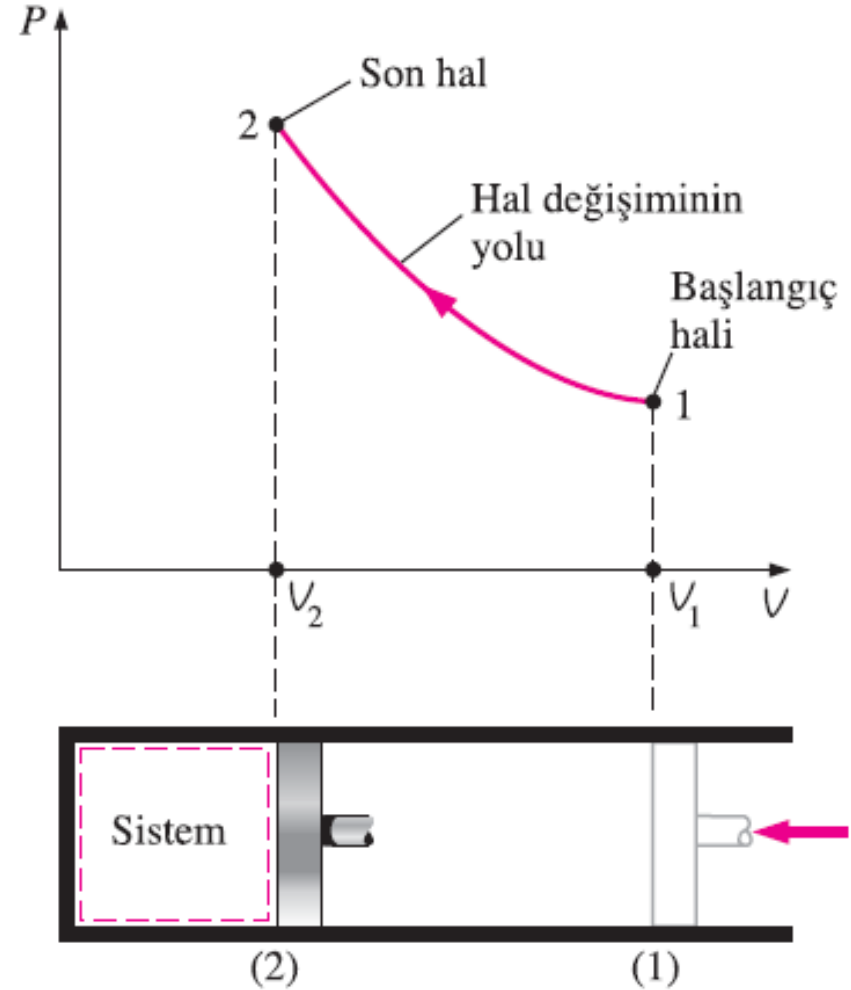
- Koordinat olarak alınan termodinamik özellikleri kullanarak çizilen hal değişimi diyagramları, hal değişimlerinin akılda canlandırılması açısından çok kullanışlıdır.
- Koordinat olarak kullanılan bazı bilinen özellikler sıcaklık T , basınç P ve hacim V (veya özgül hacim) olarak sıralanabilir.
- Bazı 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.

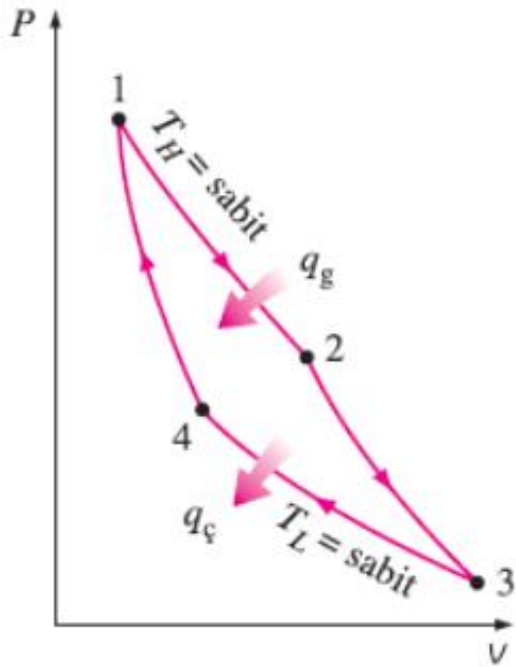
izokorik (veya izometrik) hal değişimi : Bir hal değişimi sırasında özgül hacminin sabit kalır.

Çevrim: Bir sistem geçirdiği bir dizi hal değişimi sonunda yeniden ilk haline dönmesine denir.

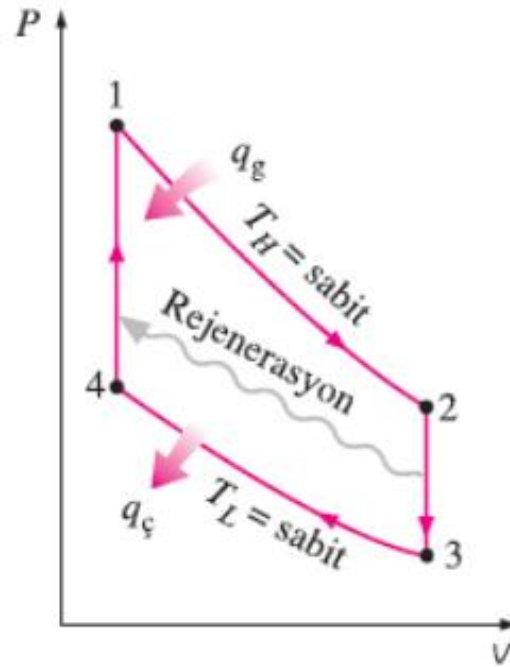


Sıkıştırma işleminin P-V diyagramı.

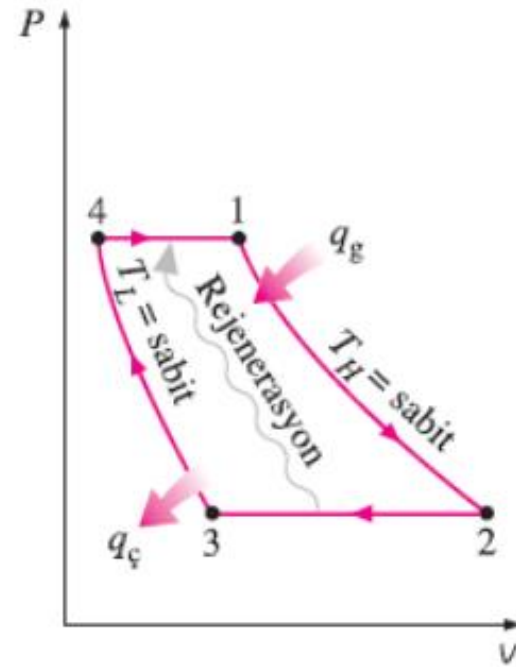
Bazı çevrim ve hal değişimleri



(a) Carnot çevrimi



(b) Stirling çevrimi



(c) Ericsson çevrimi

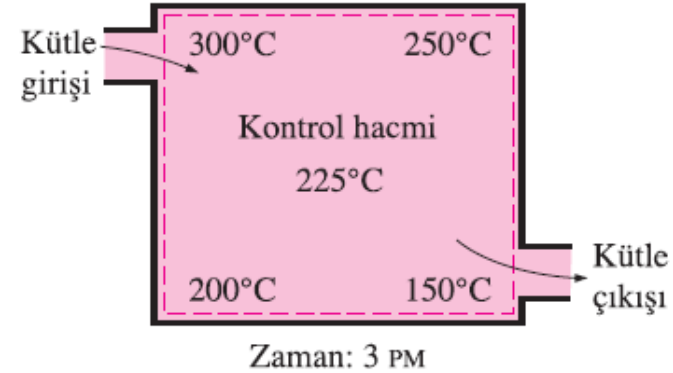
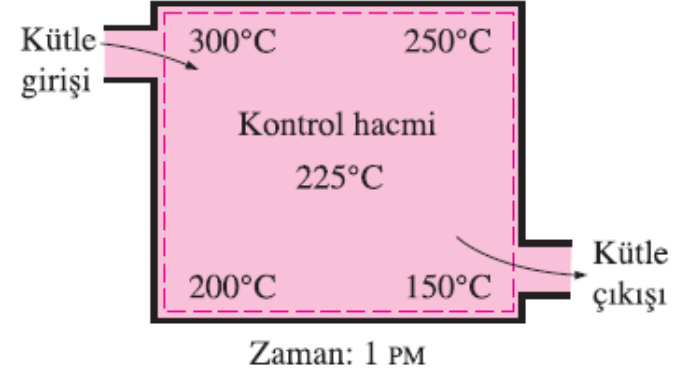
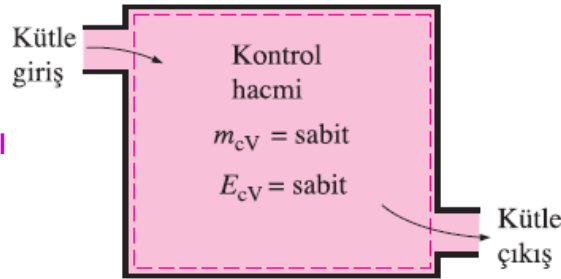
Sürekli Akış Hal Değişimleri

- 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.

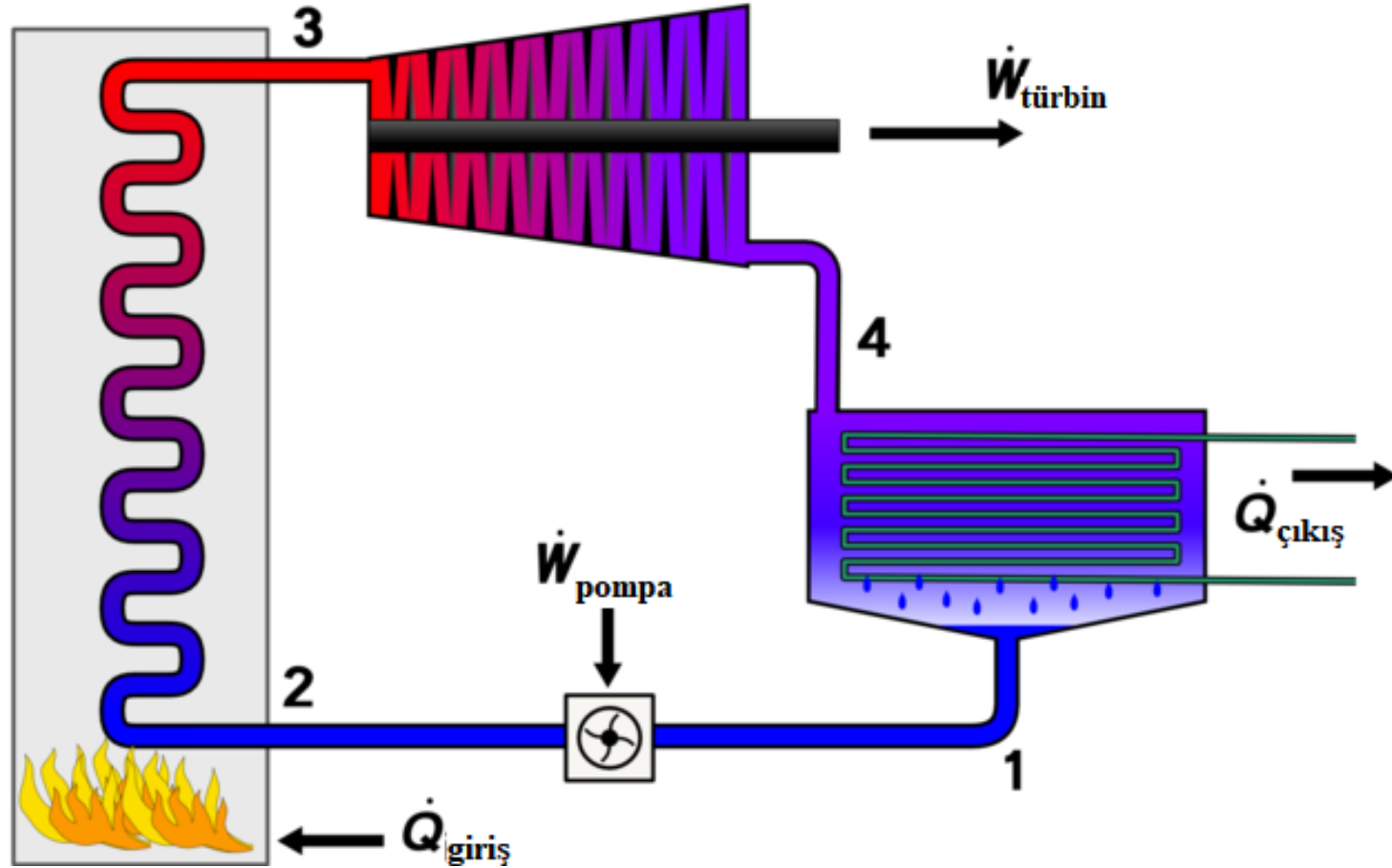
Aralıksız çalışma amacı ile kullanılacak **türbin, pompa, kazan, yoğunlaştırıcı, ısı değiştirici** gibi cihazlar ile **soğutma ve elektrik santralı** gibi sistemlerde sürekli akış koşullarına oldukça yaklaşılr.

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



Sabit akış altında, kontrol hacmi içindeki kütle ve enerji sabit kalır.

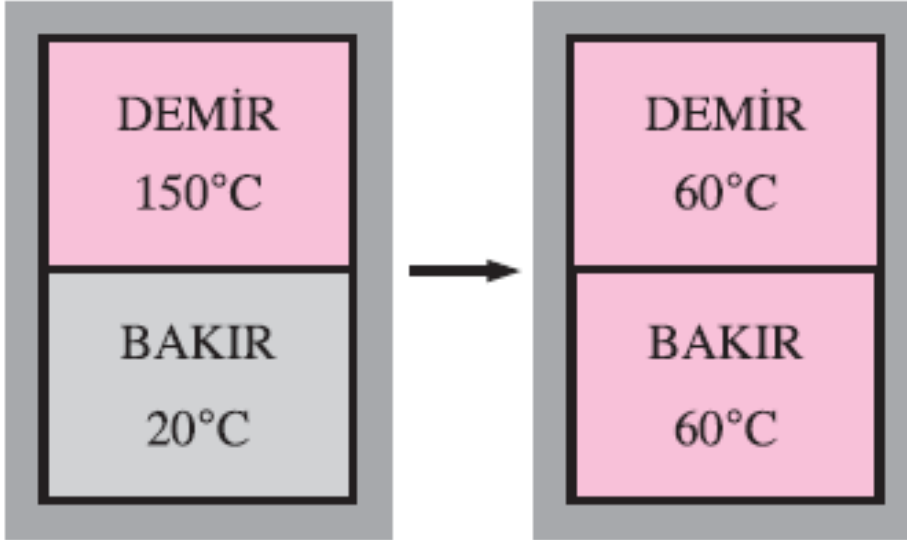
Sürekli akışlı sistem-İdeal Rankine çevrimi



SICAKLIK VE TERMODİNAMİĞİN SIFIRINCI YASASI

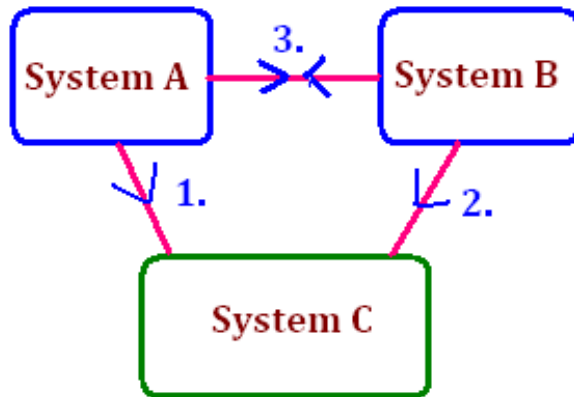
Termodinamiğin sıfıncı yasası : iki ayrı cismin bir üçüncü cisimle ısı dengede olması durumunda, birbirleri ile de ısı dengede olduklarını belirtir.

Üçüncü cisim bir termometre ile yer değiştirirse, sıfıncı yasa şu şekilde yazılabilir: **her ikisi de aynı sıcaklık değerine sahip iki cisim birbirleriyle temas etmeseler bile ısı dengededirler.**



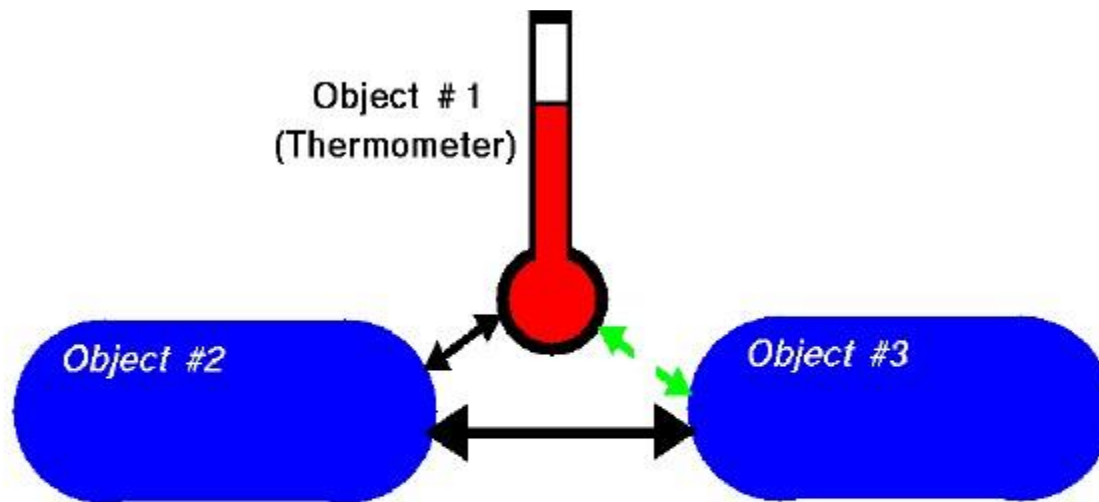
İzole bir çevrede temas halinde bulunan iki cisim termik dengeye ulaşırlar.

Termodinamiğin sıfıncı yasası



- A ve C termal dengede
- B ve C termal dengede

A ve B bir birine temas etmeseler dahi termal dengededir.

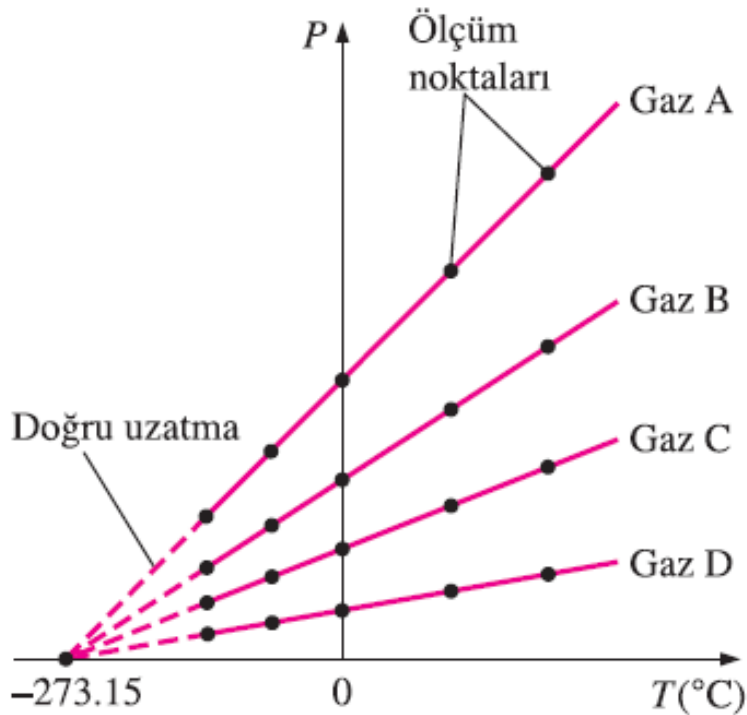


When two objects are separately in thermodynamic equilibrium with a third object, they are in equilibrium with each other.

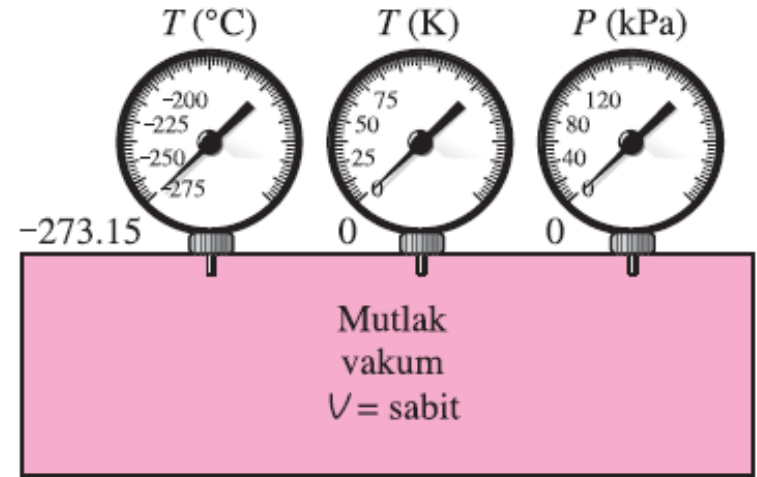
Objects in thermodynamic equilibrium have the same temperature.

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.



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



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

Sıcaklık Ölçekleri

- **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.

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

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

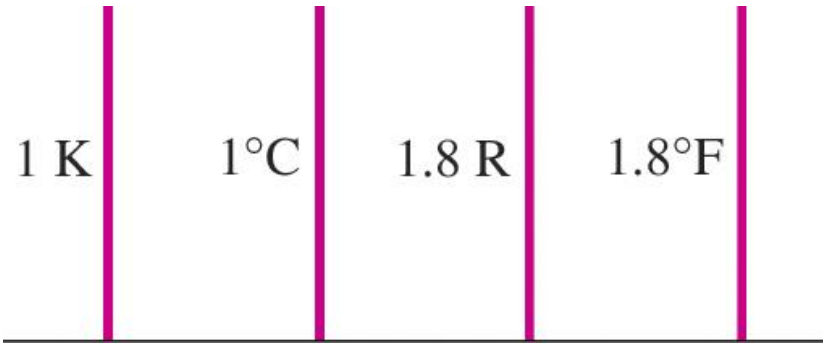
$$T(\text{R}) = 1.8T(\text{K})$$

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

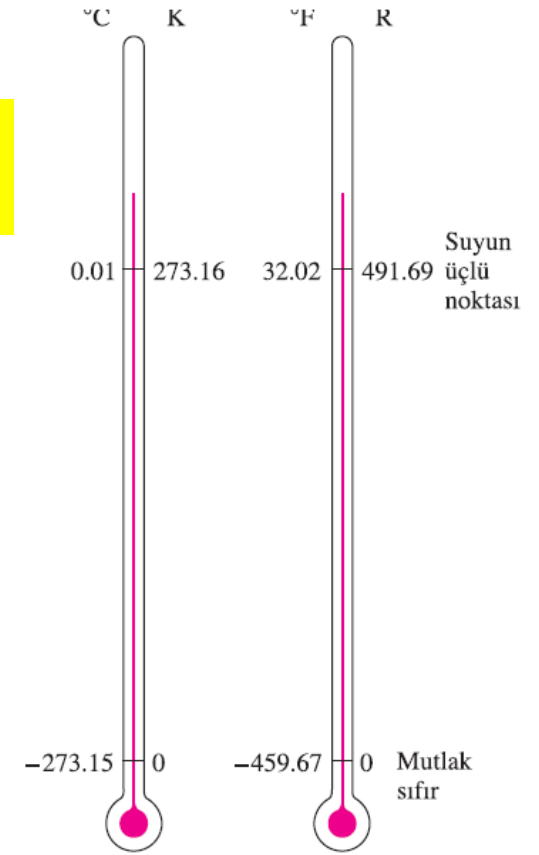
$$\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

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

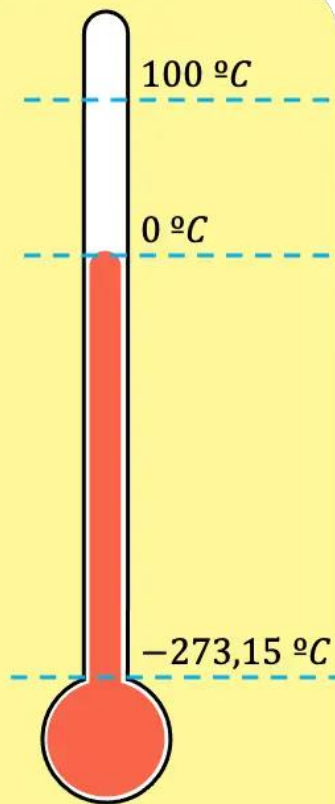
Sıcaklık ölçeklerinin karşılaştırılması.



Değişik sıcaklık birimlerinin büyüklüklerinin karşılaştırılması



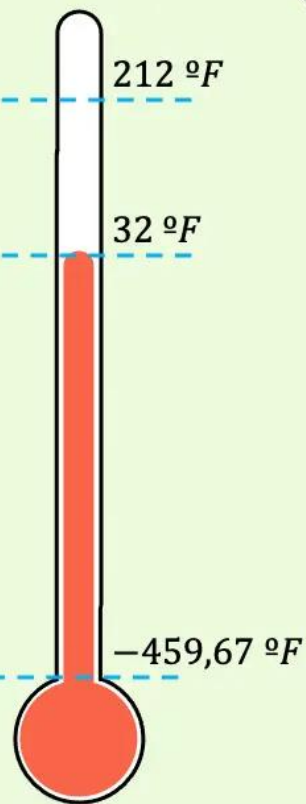
- Orijinal Kelvin ölçeğinde referans noktası **buz noktasıydı**, ve bu nokta suyun donma (veya buzun erime) sıcaklığı 273.15 K'di.
- Referans noktası olarak **suyun üçlü noktasının** sıcaklığının 273.16 K olması tayin edilmiştir.



Celsius



Kelvin



Fahrenheit

$$R = ^\circ F + 459,67$$

$$K = ^\circ C + 273,15$$

$$^\circ C = (^\circ F - 32) / 1,8$$

$$^\circ F = (^\circ C \times 1,8) + 32$$

BASINÇ

Basınç: bir akışkanın birim alana uyguladığı kuvvet.

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

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Birimi, } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pascal (Pa)}$$

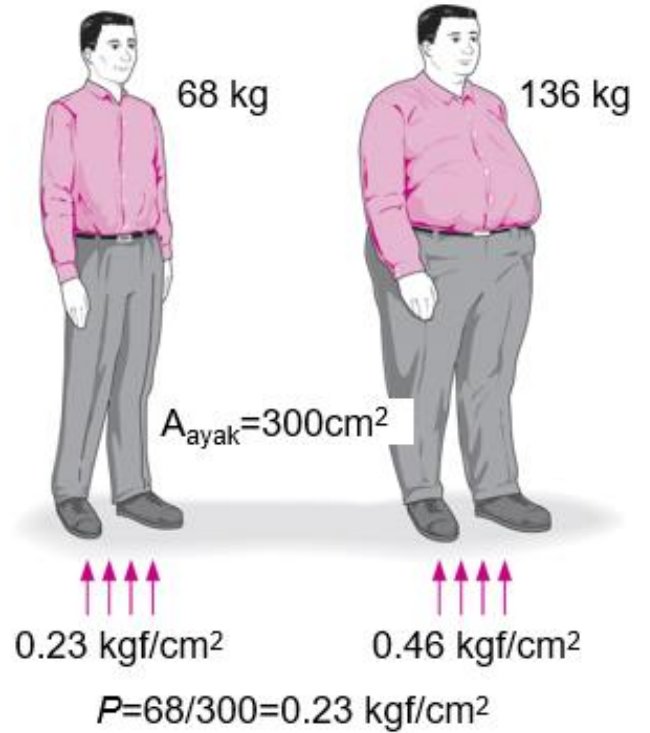
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

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

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



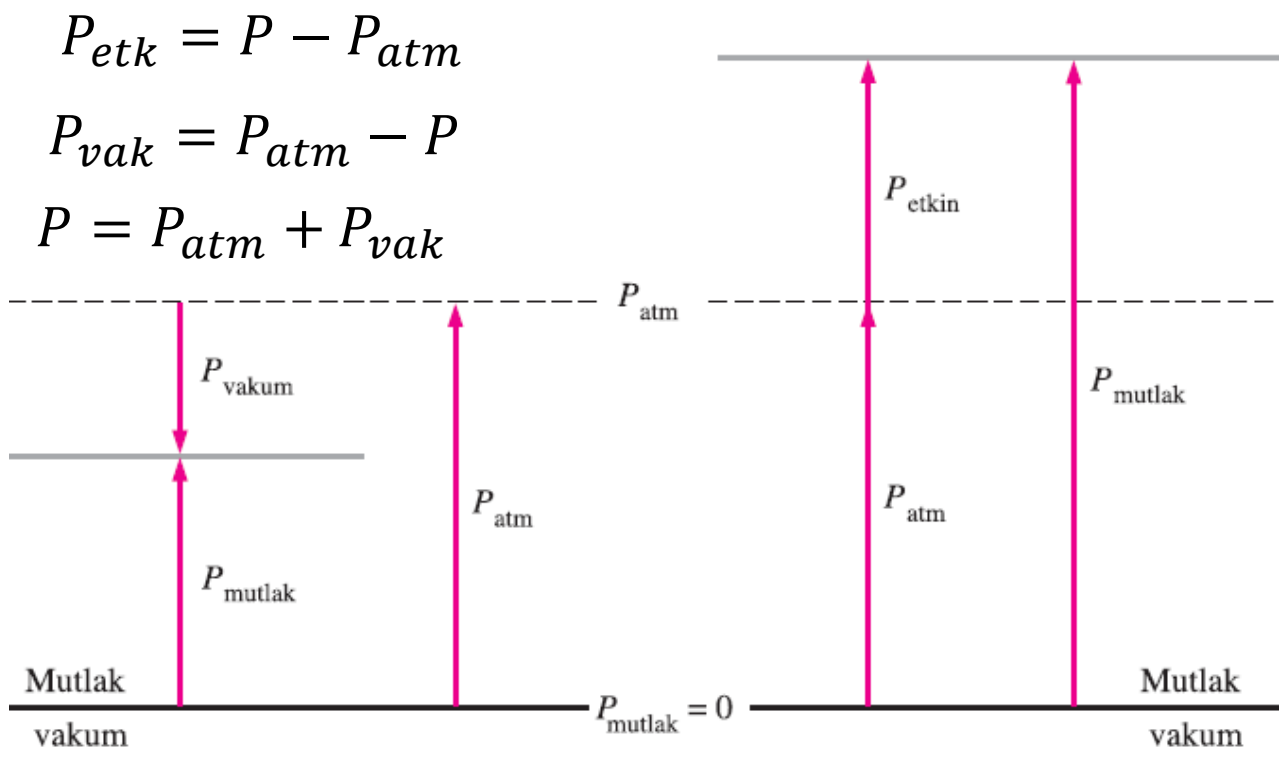
Bazı etkin
basınç
ölçüm
cihazları.



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

- **Mutlak basınç (P):** Verilen bir konumdaki gerçek basınca mutlak basınç denir ve mutlak vakuma (yani mutlak sıfır basınca) göre ölçülür.
- **Etkin basınç($P_{etk}=P_{man}$):** 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(P_{atm}):** Atmosferik basıncın altındaki basınçlar

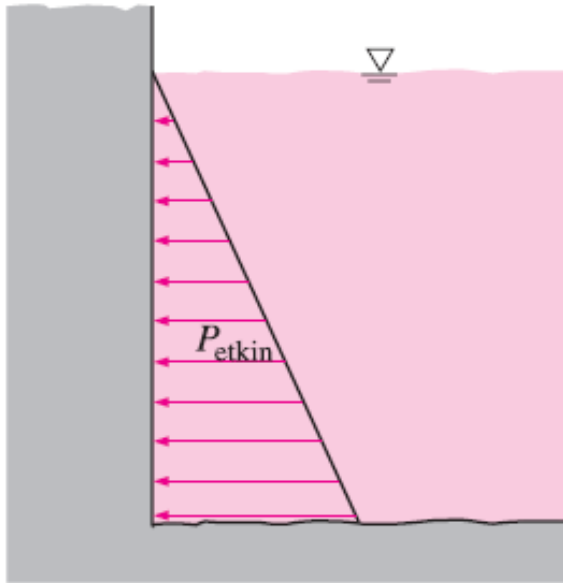
Aksi belirtilmedikçe «P» **mutlak basıncı** göstermek için kullanılmaktadır.



Basıncın Derinlikle Değişimi

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

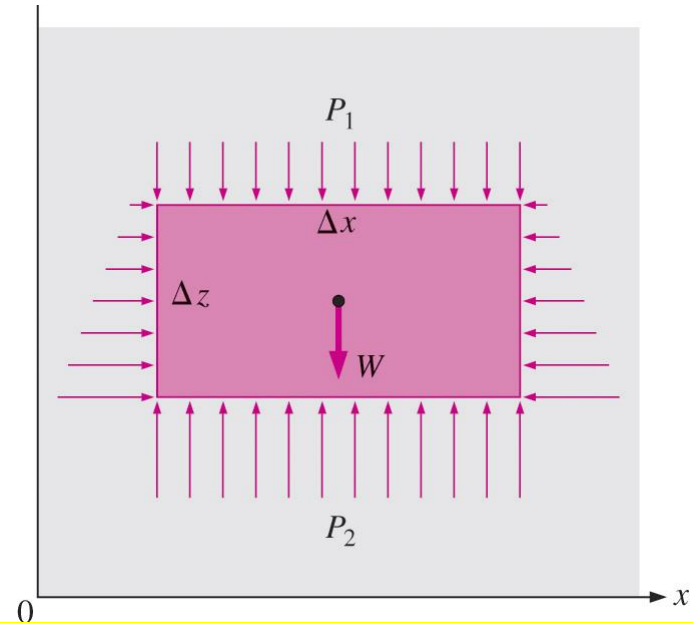
$$P = P_{\text{atm}} + \rho g h \quad \text{or} \quad P_{\text{gage}} = \rho g h$$



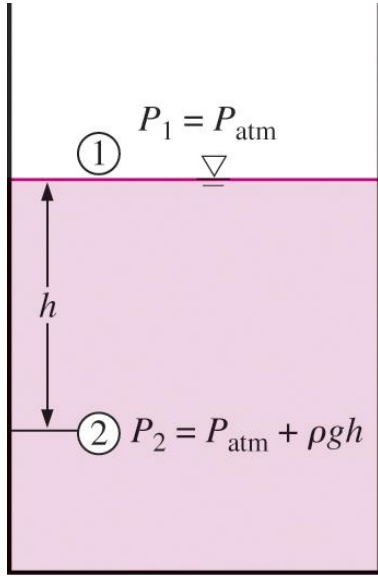
Durgun haldeki bir akışkanın basıncı toplanan ağırlığının bir sonucu olarak derinlikle artar.

Yoğunluğun yükseklikle değişimi bilindiğinde

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

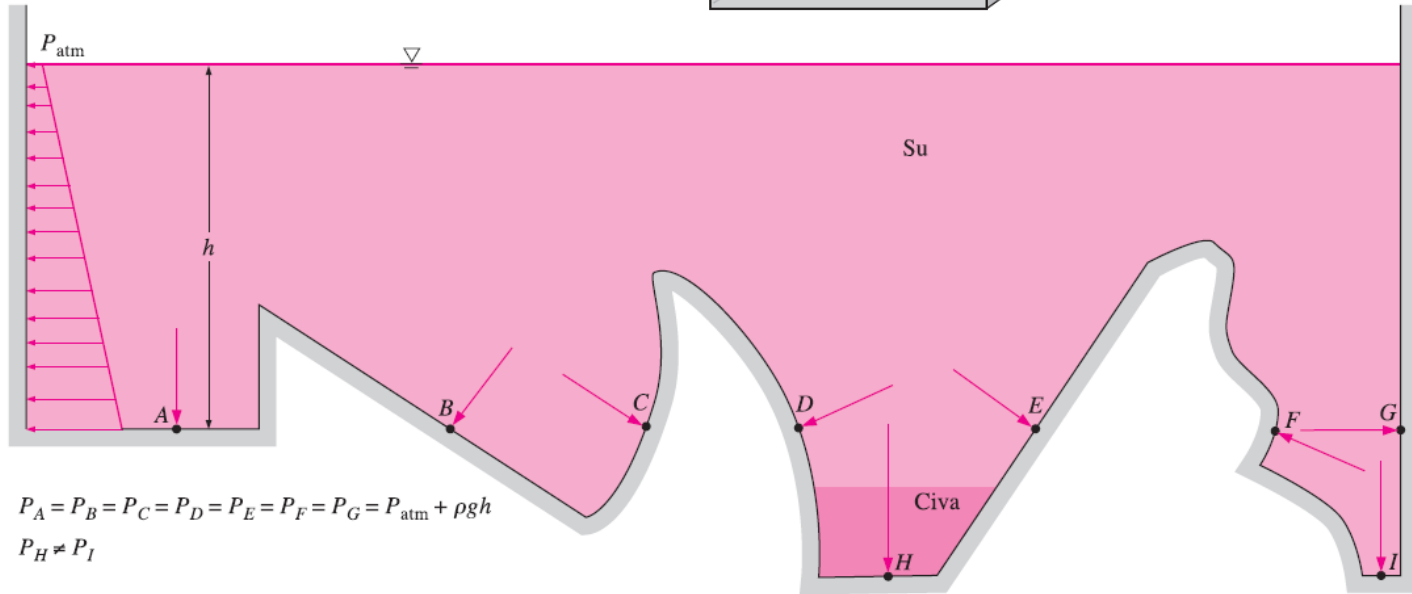
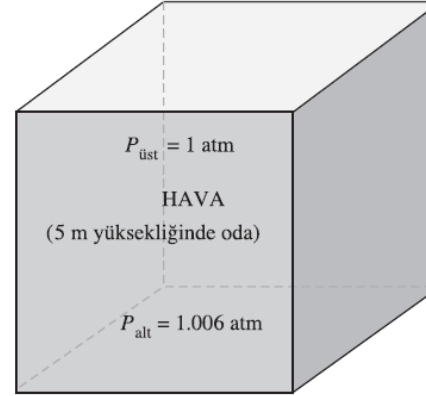


Dengede bulunan dikdörtgen bir akışkan elemanının serbest cisim diyagramı.



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

Bir gaz ile dolu odada basıncın yükseklikle değişimi ihmal edilebilir.



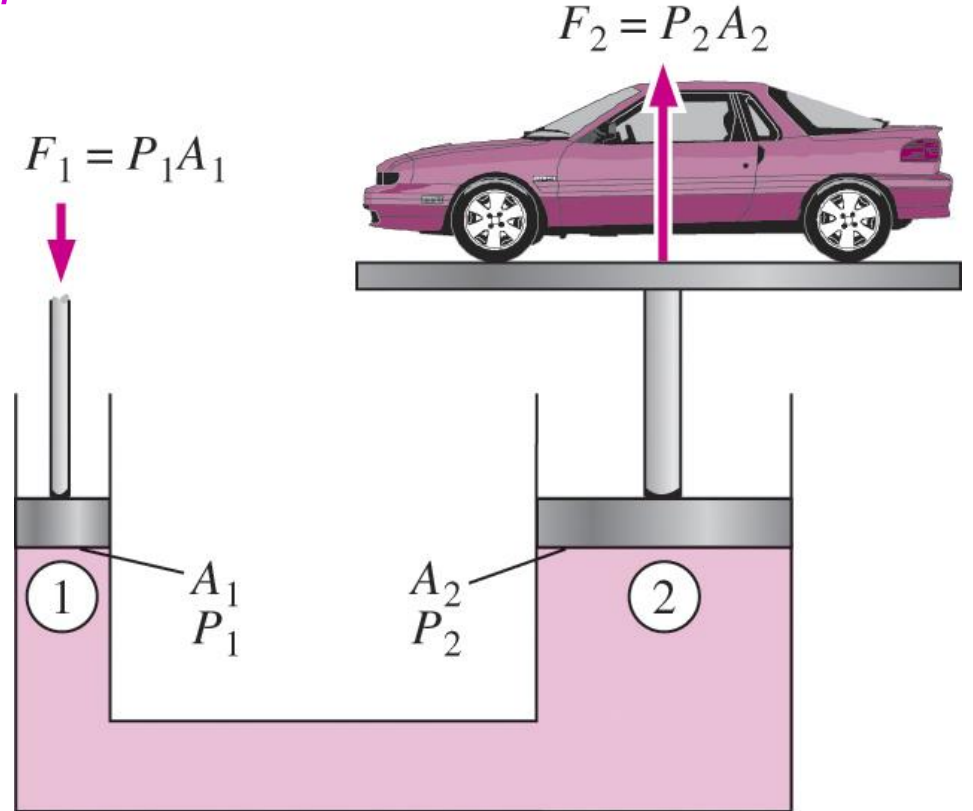
Noktalar birbirleriyle aynı akışkan aracılığıyla irtibatlı olmak koşuluyla, bir akışkan içerisinde yatay bir düzlemde tüm noktalardaki basınçlar geometriden bağımsız olarak aynıdır.

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

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

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

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



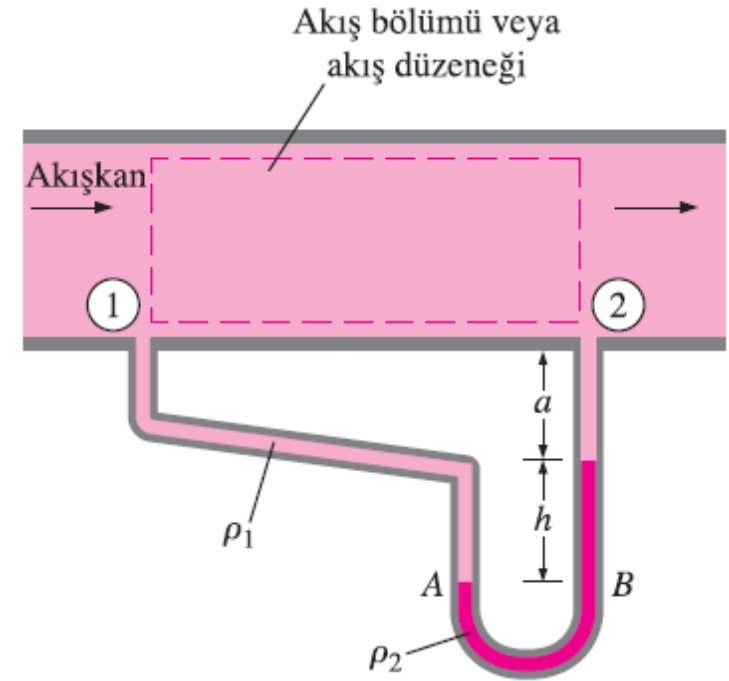
Manometre

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

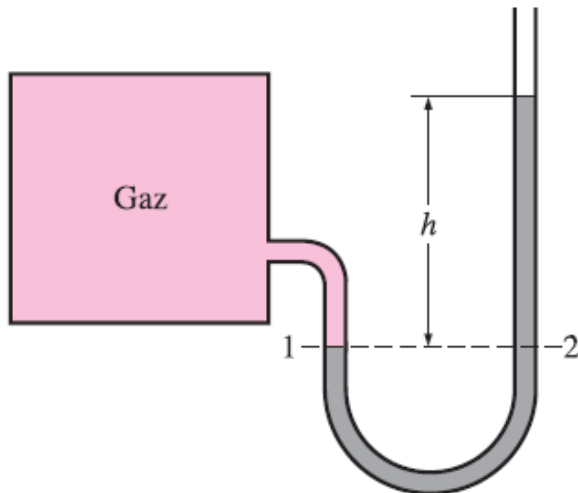
Bir akış bölümü veya akış düzeneği boyunca gerçekleşen basınç düşüşünün diferansiyel manometre ile ölçülmesi.

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

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

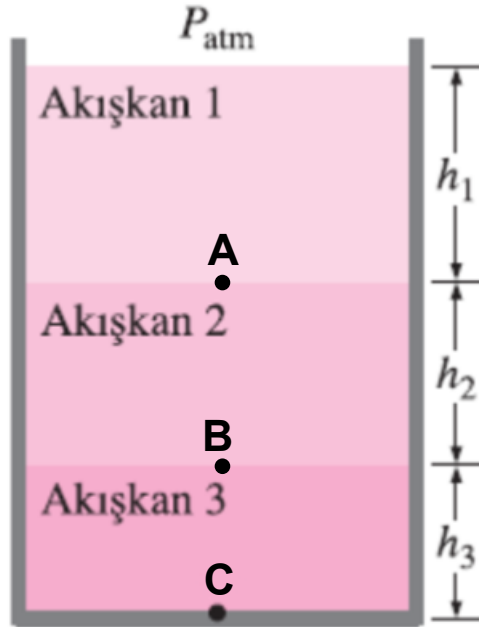


Basit manometre.



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

Çok katmanlı akışkanların tabanına uyguladığı basınç



$$P_A = P_{atm} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1$$

$$P_B = P_{atm} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

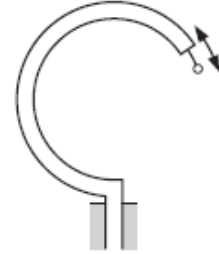
$$P_C = P_{atm} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3$$

Üst üste akışkan tabakalarında, « ρ » yoğunluğuna sahip « h » yüksekliğindeki bir akışkan tabakasının bir ucundan diğer ucuna basınç değişimi

$$P = \rho \cdot g \cdot h \text{ 'dir.}$$

Diğer Basınç Ölçme Cihazları

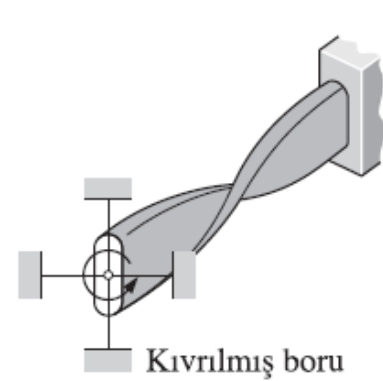
- **Bourdon borusu:** Bu cihaz, ucu kapalı ve bir kadran gösterge iğnesine bağlı bulunan kanca şeklinde bükülmüş bir metal boru halkasından oluşur.
- **Basınç dönüştürücüler:** Basınç etkisini gerilim, direnç veya sığadaki (kapasitans) bir değişim şeklinde elektriksel etkiye dönüştürmek için çeşitli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



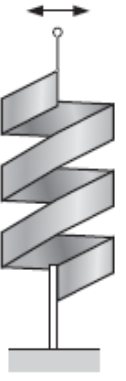
C-tipi



Spiral



Kıvrılmış boru



Helisel

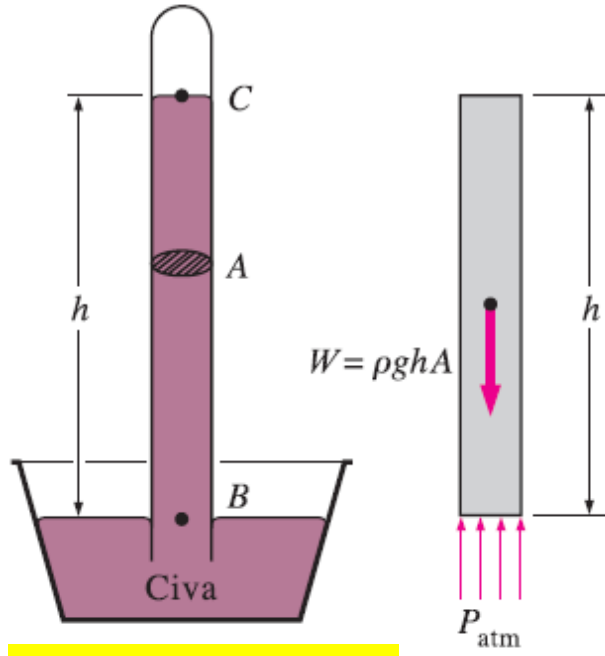


Boru enkesit

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 cıva sütununun ($\rho_{\text{Hg}}=13595 \text{ kg/m}^3$) tabanına yaptığı basınç olan *standart atmosferik* basınçtır.



Basit barometre.

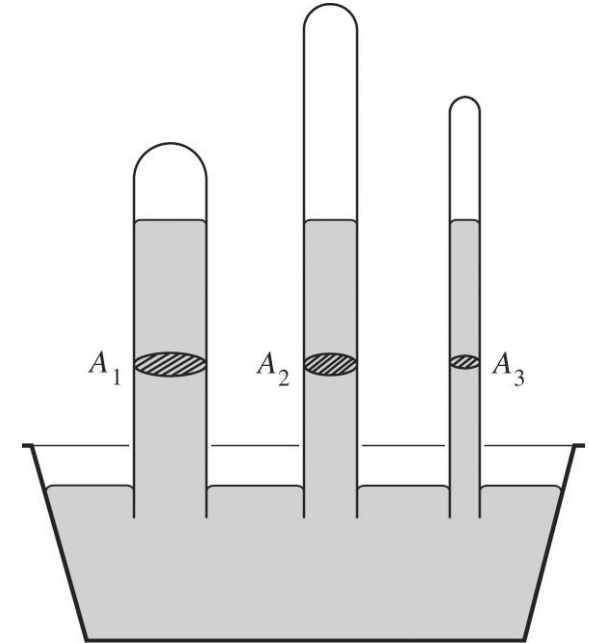
$$P_{atm} = \rho gh$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = W = P \times A$$

$$W = \rho gh A$$

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



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

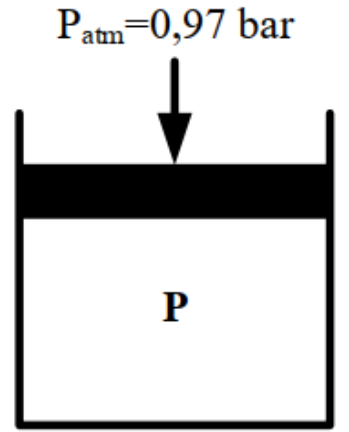
Mühendislik Denklem Çözücüsü (EES): EES, doğrusal ya da doğrusal olmayan cebirsel veya diferansiyel denklemleri sayısal yöntemlerle çözen bir bilgisayar programıdır. Bu yazılımda, matematiksel fonksiyonların yanı sıra termodinamik özellik fonksiyonları da yüklü olup kullanıcının ilave özellik verileri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

Özet

- 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
- Yoğunluk ve özgül ağırlık
- Hal ve denge
 - Hal önermesi
- Hal değişimleri ve çevrimler
 - Sürekli akış hal değişimleri
- Sıcaklık ve termodinamiğin sıfırıncı yasası
 - Sıcaklık ölçekleri
- Basınç
 - Basıncın derinlikle değişimi
- Manometre ve atmosferik basınç
- Problem çözme teknikleri

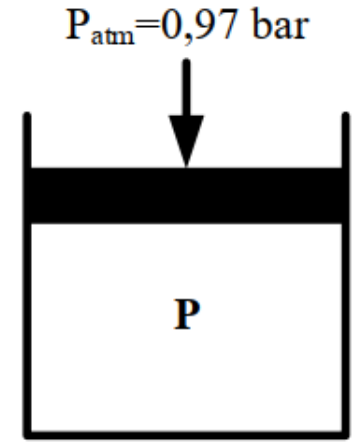
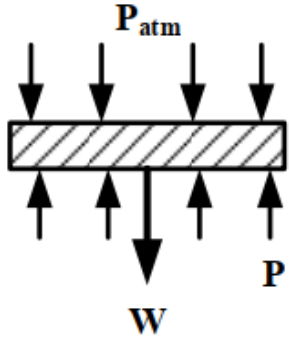
Soru 1.1:

Piston-silindir sisteminde tankın içinde 60 kg gaz bulunmaktadır. Piston yüzey alanı 0,04 m²'dir. Yerel atmosferik basınç 0,97 bar, yer çekimi ivmesi 9,81 m/s²'dir. Buna göre silindirin içindeki basıncı hesaplayınız?



Soru 1.1:

Piston-silindir sisteminde tankın içinde 60 kg gaz bulunmaktadır. Piston yüzey alanı 0,04 m²'dir. Yerel atmosferik basınç 0,97 bar, yer çekimi ivmesi 9,81 m/s²'dir. Buna göre silindirin içindeki basıncı hesaplayınız?

**Çözüm 1.1:**

$$\Sigma F = 0$$

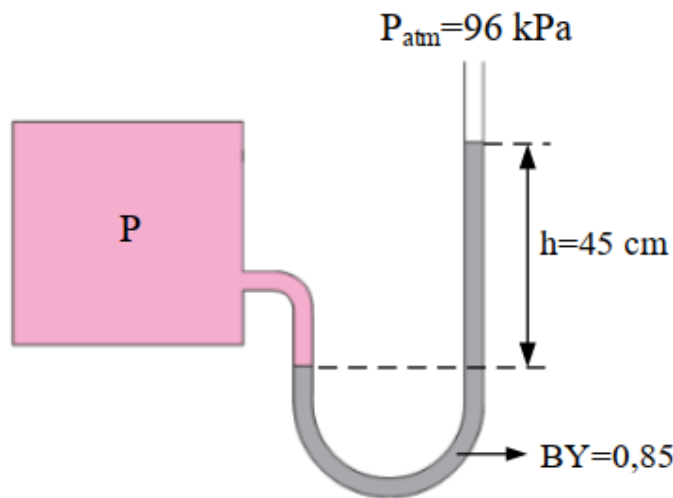
$$P \cdot A = P_{atm} \cdot A + W$$

$$P = P_{atm} + \frac{W}{A} = P_{atm} + \frac{m \cdot g}{A}$$

$$P = 0,97 \cdot 10^5 + \frac{60 \cdot 9,81}{0,04} = 111700 \text{ Pa} = 11,7 \text{ kPa} \\ = 1,117 \text{ bar}$$

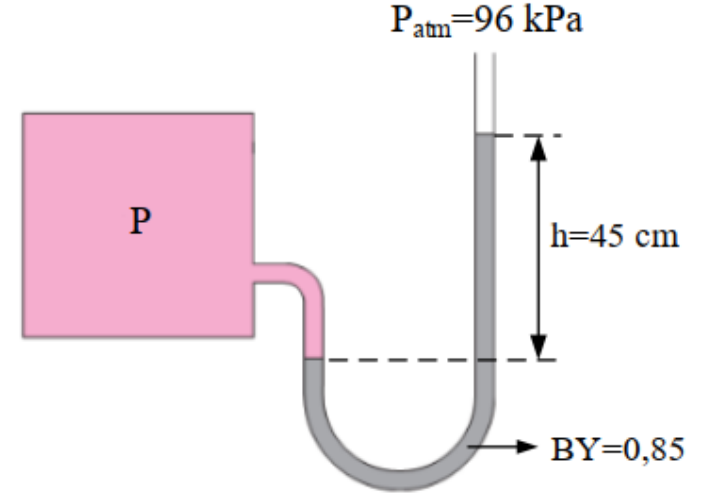
Soru 1.2:

Tanktaki basıncı ölçmek için şekildeki gibi U-Manometre kullanılıyor. Manometrede kullanılan akışkanın bağıl yoğunluğu 0,85, manometre kolon yüksekliği 55 cm, yerel atmosferik basınç 96 kPa olduğuna göre mutlak basıncı bulunuz? ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)



Soru 1.2:

Tanktaki basıncı ölçmek için şekildeki gibi U-Manometre kullanılıyor. Manometrede kullanılan akışkanın bağıl yoğunluğu 0,85, manometre kolon yüksekliği 55 cm, yerel atmosferik basınç 96 kPa olduğuna göre mutlak basıncı bulunuz? ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)

**Çözüm 1.2:**

Manometre akışkanının yoğunluğu

$$BY = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \rightarrow 0,85 = \frac{\rho}{1000} \rightarrow \rho = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$P = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

$$P = 96000 + 0,45 \cdot 850 \cdot 9,81$$

$$P = 99752 \text{ Pa} \cong 99,75 \text{ kPa}$$

Soru 1.4: 6 m yüksekliğindeki silindirik bir kabın alt yarısı su ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$), üst yarısı ise özgül ağırlığı 0,85 olan yağ ile doldurulmuştur. Silindirin üstü ve altı arasındaki basınç farkını belirleyiniz?

Çözüm 1.4:

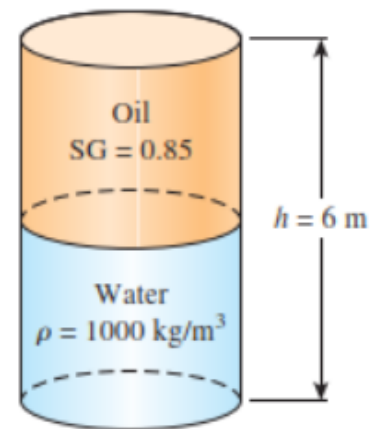
Yağın yoğunluğu

$$BY = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \rightarrow 0,85 = \frac{\rho}{1000} \rightarrow \rho = 850 \text{ kg/m}^3$$

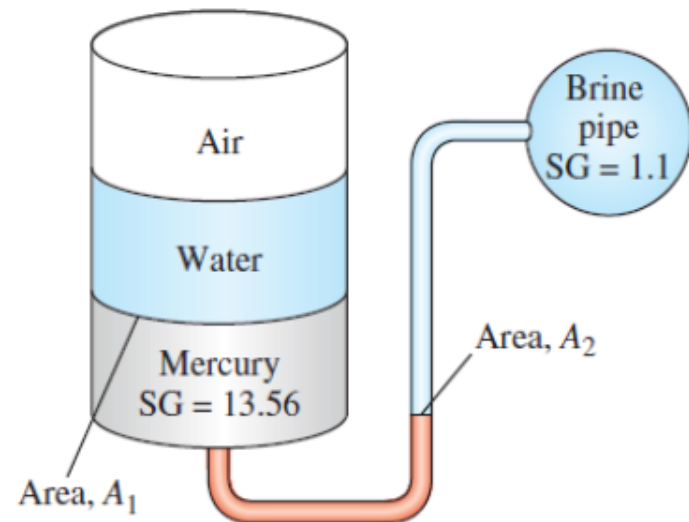
$$\Delta P_T = \Delta P_{yağ} + \Delta P_{su} = \rho_{yağ} \cdot g \cdot h + \rho_{su} \cdot g \cdot h$$

$$\Delta P_T = 850 \cdot 9,81 \cdot 3 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 = 25015,5 + 29430$$

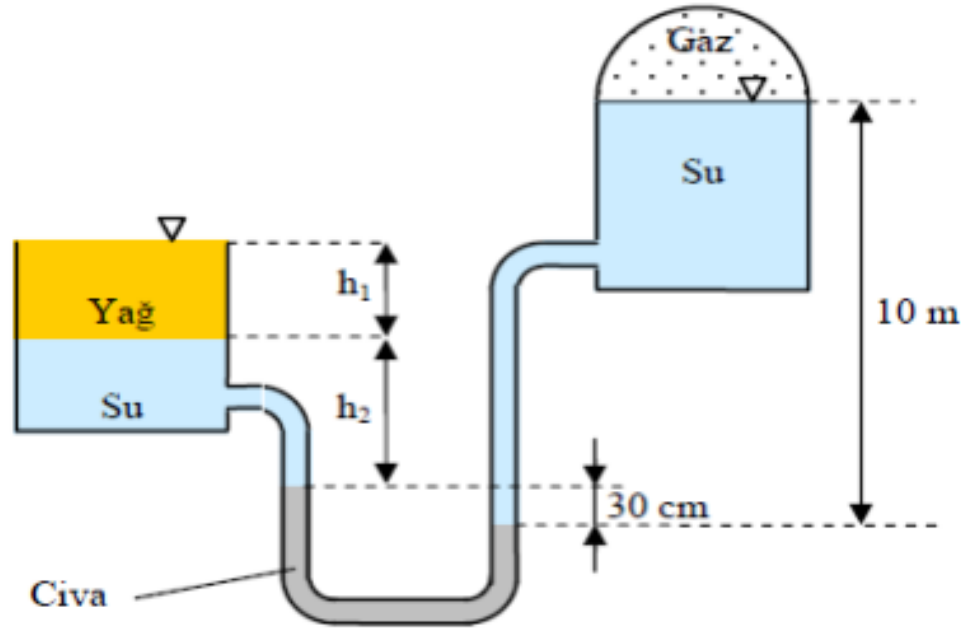
$$\Delta P_T = 54445,5 \text{ Pa} \cong 54,45 \text{ kPa}$$



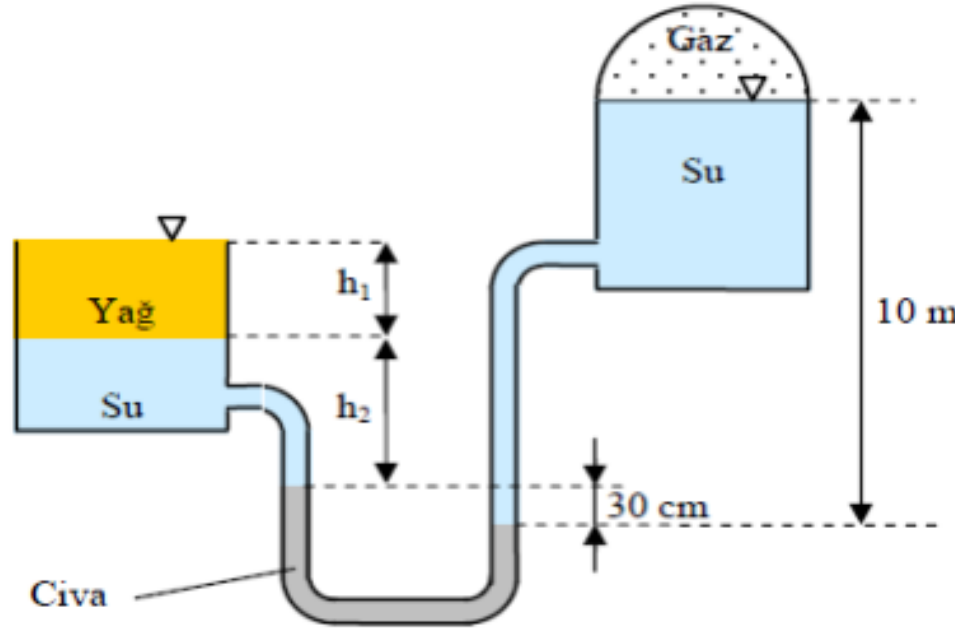
Soru 1.6: Consider the system shown in Fig. P1–81. If a change of 0.7 kPa in the pressure of air causes the brine–mercury interface in the right column to drop by 5 mm in the brine level in the right column while the pressure in the brine pipe remains constant, determine the ratio of A_2/A_1 .



Soru 1.12: Şekildeki civalı bir su tüpüyle birbirine bağlı iki ayrı sıvı tankından kurulu bir düzen görülmektedir. Tanklardan birinde su ile birlikte basınçlı gaz bulunmaktadır. Diğeri ise su ve yağ ile doludur. Üst yüzeyi atmosfere açıktır. U tüpünde 30 cm'lik civa yüksekliğini sağlayan gaz basıncını bulunuz? ($h_1=50$ cm, $h_2=75$ cm, $\rho_{\text{yağ}}=850$ kg/m³, $\rho_{\text{su}}=1000$ kg/m³, $\rho_{\text{civa}}=13600$ kg/m³)

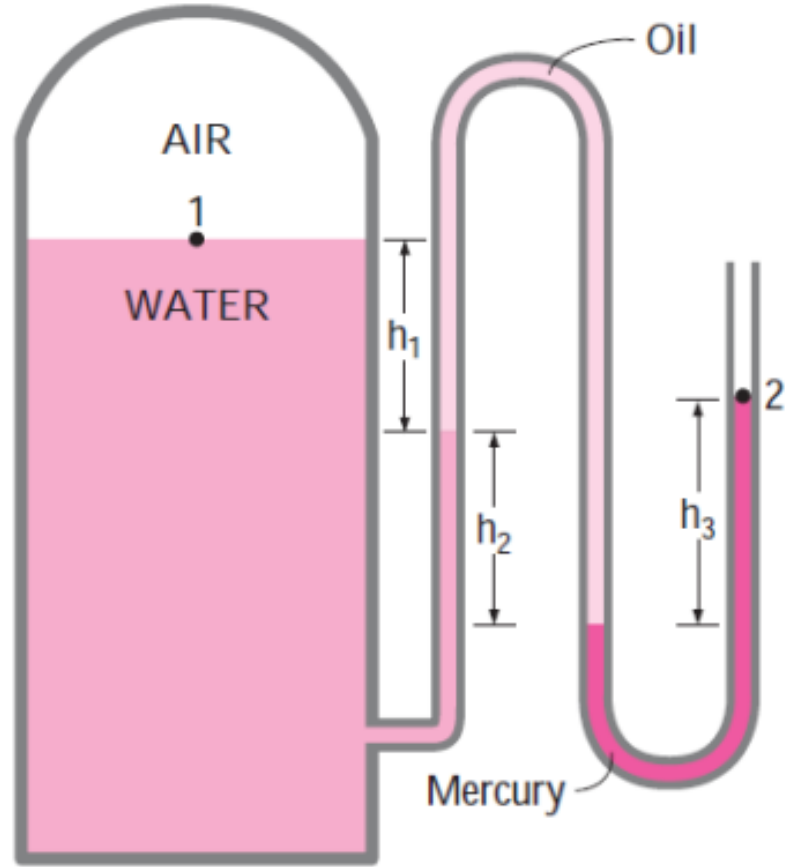


Soru 1.12: Şekildeki civalı bir su tüpüyle birbirine bağlı iki ayrı sıvı tankından kurulu bir düzen görülmektedir. Tanklardan birinde su ile birlikte basınçlı gaz bulunmaktadır. Diğeri ise su ve yağ ile doludur. Üst yüzeyi atmosfere açıktır. U tüpünde 30 cm'lik civa yüksekliğini sağlayan gaz basıncını bulunuz? ($h_1=50$ cm, $h_2=75$ cm, $\rho_{yağ}=850$ kg/m³, $\rho_{su}=1000$ kg/m³, $\rho_{civa}=13600$ kg/m³)

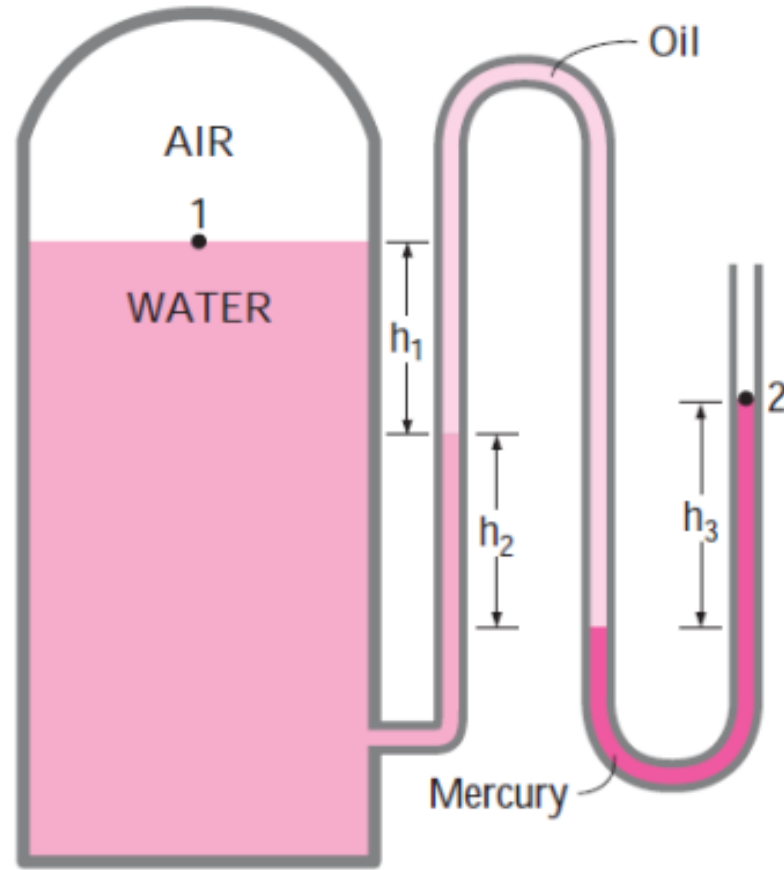


$$\begin{aligned}
 P_G + \rho_{su} \cdot g \cdot 10 - \rho_{civa} \cdot g \cdot 0,3 - \rho_{su} \cdot g \cdot h_2 \\
 - \rho_{yağ} \cdot g \cdot h_1 &= P_{atm} = 0 \\
 P_G + 1000 \cdot 9,81 \cdot 10 + 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,3 \\
 - 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,75 - 850 \cdot 9,81 \cdot 0,5 &= 0 \\
 P_G &= -49491 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

Soru 1.13: Bir tankta hava ile basınçlandırılmış bulunan suyun basıncı çok akışkanlık bir manometre ile ölçülmektedir. Tank, atmosferik basıncın 85,6 kPa olduğu 1400 m yükseklikteki bir dağda bulunmaktadır, $h_1 = 0,1$ m, $h_2 = 0,2$ m ve $h_3 = 0,35$ m olması durumunda tanktaki basıncı belirleyiniz. Suyun yağın ve cıvanın yoğunluklarını sırasıyla 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 ve 13600 kg/m^3 olarak alınız.



Soru 1.13: Bir tankta hava ile basınçlandırılmış bulunan suyun basıncı çok akışkanlık bir manometre ile ölçülmektedir. Tank, atmosferik basıncın 85,6 kPa olduğu 1400 m yükseklikteki bir dağda bulunmaktadır, $h_1 = 0,1$ m, $h_2 = 0,2$ m ve $h_3 = 0,35$ m olması durumunda tanktaki basıncı belirleyiniz. Suyun yağın ve cıvanın yoğunluklarını sırasıyla 1000 kg/m^3 , 850 kg/m^3 ve 13600 kg/m^3 olarak alınız.



$$P_1 + \rho_{su} \cdot g \cdot h_1 + \rho_{yağ} \cdot g \cdot h_2 - \rho_{civa} \cdot g \cdot h_3 = P_{atm}$$

$$P_1 = P_{atm} - \rho_{su} \cdot g \cdot h_1 - \rho_{yağ} \cdot g \cdot h_2 + \rho_{civa} \cdot g \cdot h_3$$

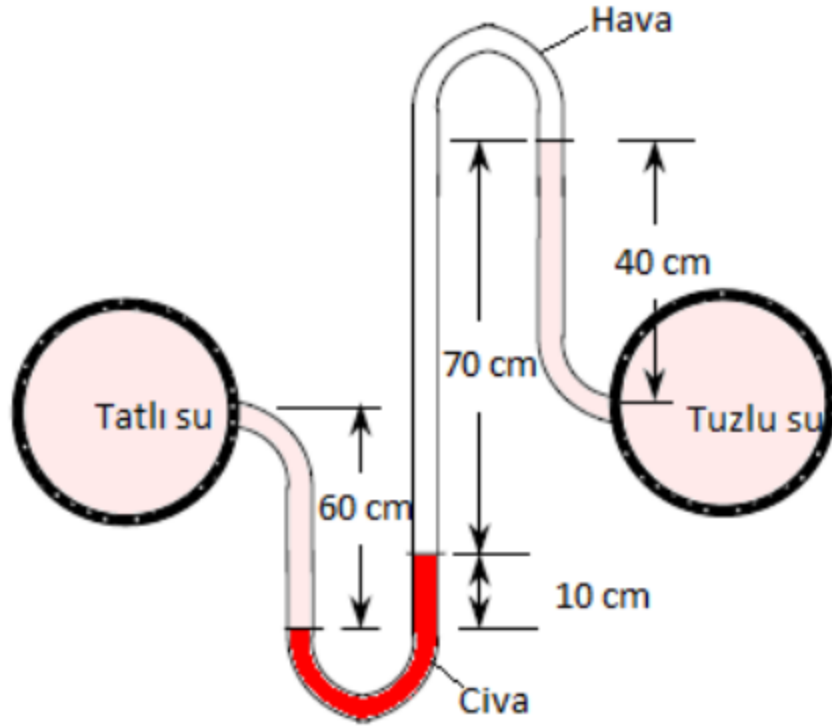
$$P_1 - P_{atm} = g(\rho_{civa} \cdot h_3 - \rho_{su} \cdot h_1 - \rho_{yağ} \cdot h_2)$$

$$P_{1,etk} = P_1 - P_{atm}$$

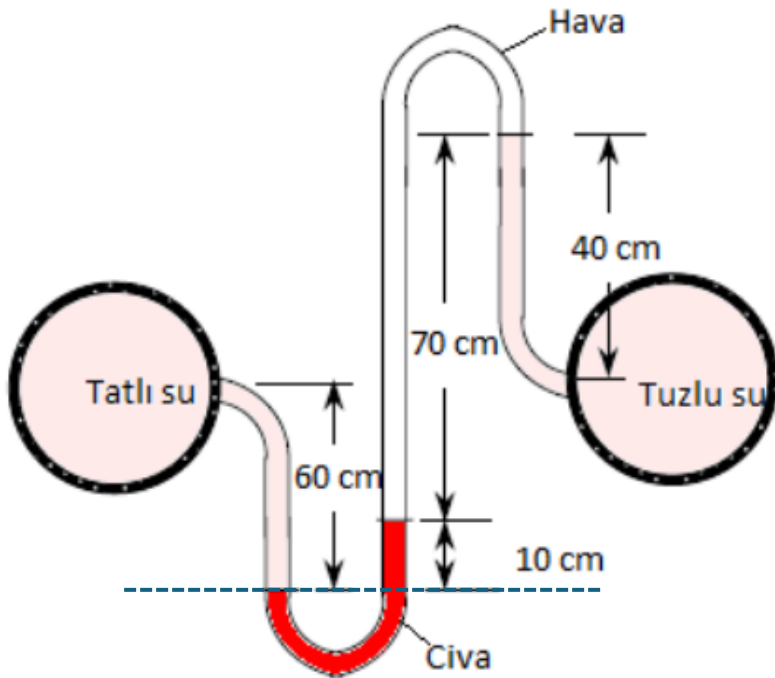
$$P_{1,etk} = 9,81(13600 \cdot 0,4 - 1000 \cdot 0,2 - 850 \cdot 0,3)$$

$$P_{1,etk} = 48900 \text{ Pa}$$

Örnek: Tatlı su ve tuzlu su birbirlerine paralel durumlardaki yatay borulardan akmaktadırlar ve birbirlerine Şekilde gösterildiği gibi çiftli U manometresi ile bağlanmışlardır. Bu iki hat arasındaki basınç farkını hesaplayınız. Tuzlu suyun yoğunluğunu $\rho=1035 \text{ kg/m}^3$ olarak alınız. Bu çözümlemede hava sütunu ihmal edilebilir mi? ($\rho_{\text{su}}=1000 \text{ kg/m}^3$ ve $\rho_{\text{civa}}=13600 \text{ kg/m}^3$)



Örnek: Tatlı su ve tuzlu su birbirlerine paralel durumlardaki yatay borulardan akmaktadırlar ve birbirlerine Şekilde gösterildiği gibi çiftli U manometresi ile bağlanmışlardır. Bu iki hat arasındaki basınç farkını hesaplayınız. Tuzlu suyun yoğunluğunu $\rho=1035 \text{ kg/m}^3$ olarak alınız. Bu çözümlemede hava sütunu ihmal edilebilir mi?



$$P_A = P_B$$

$$P_1 + \rho_{tat} \cdot g \cdot h_{tat} = P_2 + \rho_c \cdot g \cdot h_c + \rho_h \cdot g \cdot h_h - \rho_{tuz} \cdot g \cdot h_{tuz}$$

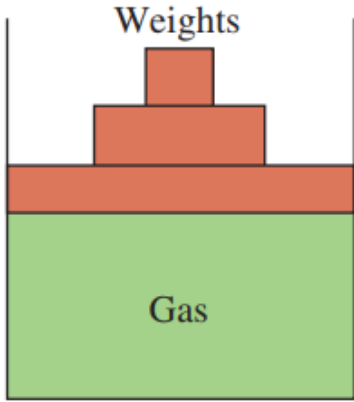
$$P_1 - P_2 = \rho_c \cdot g \cdot h_c + \rho_h \cdot g \cdot h_h - \rho_{tuz} \cdot g \cdot h_{tuz} - \rho_{tat} \cdot g \cdot h_{tat}$$

$$P_1 - P_2 = g[\rho_c \cdot h_c - \rho_{tuz} \cdot h_{tuz} - \rho_{tat} \cdot h_{tat}]$$

$$P_1 - P_2 = 9,81[13600 \cdot 0,1 - 1035 \cdot 0,4 - 1000 \cdot 0,6]$$

$$P_1 - P_2 = 3394,26 \text{ Pa} = 3,394 \text{ kPa}$$

Örnek: Dikey bir piston-silindir düzeneği 100 kPa basınçta bir gaz içermektedir. Pistonun kütlesi 5 kg ve çapı 12 cm'dir. Gazın basıncı, pistonu bazı ağırlıklar yerleştirilerek artırılacaktır. Yerel atmosferik basıncı ve silindir içindeki gazın basıncını iki katına çıkaracak ağırlıkların kütlesini belirleyiniz?



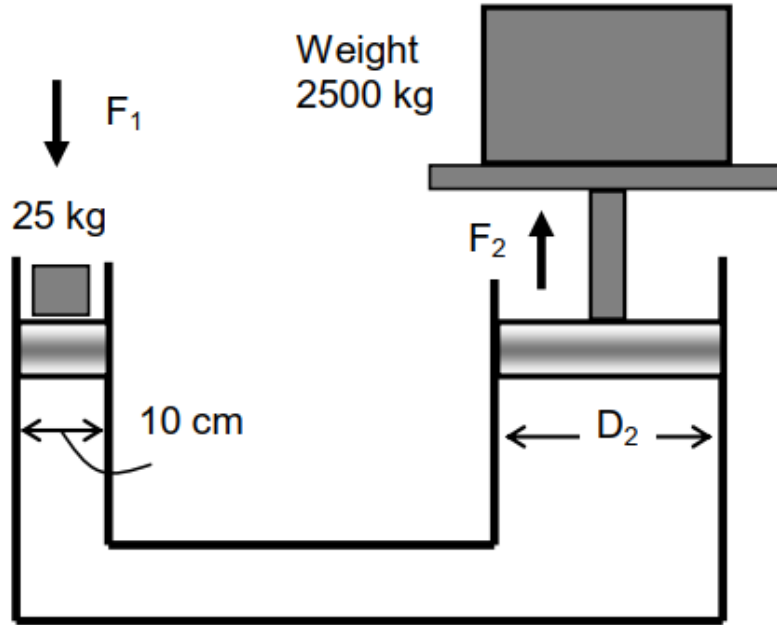
$$P_{\text{atm}} = P - \frac{m_{\text{piston}}g}{A} = 100 \text{ kPa} - \frac{(5 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)}{\pi(0.12 \text{ m})^2/4} \left(\frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) = 95.66 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{95.7 \text{ kPa}}$$

The force balance when the weights are placed is used to determine the mass of the weights

$$P = P_{\text{atm}} + \frac{(m_{\text{piston}} + m_{\text{weights}})g}{A}$$

$$200 \text{ kPa} = 95.66 \text{ kPa} + \frac{(5 \text{ kg} + m_{\text{weights}})(9.81 \text{ m/s}^2)}{\pi(0.12 \text{ m})^2/4} \left(\frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \longrightarrow m_{\text{weights}} = \mathbf{115 \text{ kg}}$$

Örnek: 2500 kg'lık bir ağırlığı kaldırmak için, çapı 10 cm olan bir pistona 25 kg'lık bir ağırlık konularak hidrolik bir lift kullanılacaktır. Bu durumda, ağırlığın yerleştirileceği pistonun çapını belirleyiniz?



$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{F_1}{A_1} = \frac{m_1 g}{\pi D_1^2 / 4} \\
 &= \frac{(25 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)}{\pi (0.10 \text{ m})^2 / 4} \left(\frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \\
 &= 31.23 \text{ kN/m}^2 = 31.23 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$P_1 = P_2 = \frac{F_2}{A_2} = \frac{m_2 g}{\pi D_2^2 / 4} \longrightarrow 31.23 \text{ kN/m}^2 = \frac{(2500 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)}{\pi D_2^2 / 4} \left(\frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \longrightarrow D_2 = 1.0 \text{ m}$$